

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK ÇALIŞMALARI VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK ÇALIŞMALARI VE YÖNETİMİ BİLİM DALI

HAVAYOLU SEKTÖRÜNDE DENGELİ PUAN KARTI
TEMELLİ SÜRDÜRÜLEBİLİR PERFORMANS İÇİN DİNAMİK
BİR MODEL ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

Demet DAĞLI

KOCAELİ 2024

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK ÇALIŞMALARI VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK ÇALIŞMALARI VE YÖNETİMİ BİLİM DALI

HAVAYOLU SEKTÖRÜNDE DENGELİ PUAN KARTI
TEMELLİ SÜRDÜRÜLEBİLİR PERFORMANS İÇİN DİNAMİK
BİR MODEL ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

Demet DAĞLI

Doç. Dr. Ednan AYVAZ

KOCAELİ 2024

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
HAVACILIK ÇALIŞMALARI VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
HAVACILIK ÇALIŞMALARI VE YÖNETİMİ BİLİM DALI

HAVAYOLU SEKTÖRÜNDE DENGELİ PUAN KARTI
TEMELLİ SÜRDÜRÜLEBİLİR PERFORMANS İÇİN DİNAMİK
BİR MODEL ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

Tezi Hazırlayan: Demet DAĞLI

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 05.07.2024-23

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Ednan AYVAZ

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Said KINGİR

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Hakan RODOPLU

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Binnur GÜRÜL

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Sultan GEDİK GÖÇER

KOCAELİ 2024

ÖNSÖZ

Doktora eğitim sürecim bazen pürüzsüz, bazen çözülmesi gereken problemlerle dolu bir süreç olsa da, benim için keyifli ve öğretici bir şekilde sonuçlandı. Doktora eğitimim süresince, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, sorularımı her zaman içtenlikle yanıtlayan ve ihtiyaç duyduğumda beni doğru bir şekilde yönlendiren, tez danışmanım Doç. Dr. Ednan Ayvaz'a samimiyeti ve desteği için sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca, tez izleme jürimde yer alan ve ihtiyaç duyduğum her an fikirleriyle yolumu aydınlatan Dr. Öğr. Üyesi Binnur Gürül'e, akademik kariyerim için beni cesaretlendiren ve yüksek lisans tez danışmanım olarak akademik hayatıma katkı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Hakan Rodoplu'ya, yapıcı eleştirileri ve destekleriyle katkılarını esirgemeyen savunma jüri üyelerim Prof. Dr. Said Kınır ve Dr. Öğr. Üyesi Sultan Gedik Göçer'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Demet DAĞLI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	İ
İÇİNDEKİLER	İİ
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HAVACILIK SEKTÖRÜ	4
1.1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI	4
1.2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BOYUTLARI	5
1.2.1. Ekonomik Boyut	5
1.2.2. Sosyal Boyut	6
1.2.3. Çevresel Boyut	6
1.3. KURUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	7
1.3.1. Kurumsal Sürdürülebilirlik Teorileri	8
1.3.1.1. Meşruiyet Teorisi	9
1.3.1.2. Paydaş Teorisi	10
1.3.1.3. Kurumsallaşma Teorisi	11
1.3.2. Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlaması ve Standartları	11
1.3.2.1. Küresel Raporlama Girişimi (GRI)	12
1.3.2.2. Uluslararası Bütünleşik Raporlama Konseyi (IIRC)	13
1.3.2.3. İktisadi Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) Standardı	14
1.3.2.4. Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi	15
1.3.2.5. Karbon Saydamlık Projesi (CDP)	16
1.4. HAVACILIK SEKTÖRÜ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	17
1.4.1. Havacılık Sektörünün Genel Durumu	17
1.4.1.1. Havacılık Sektörünün Ekonomik Etkisi	18
1.4.1.2. Havacılık Sektörünün Sosyal ve Çevresel Etkisi	19
1.4.2. Havacılık Sektörü ve Sürdürülebilirlik	20

İKİNCİ BÖLÜM

2. KURUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİR PERFORMANS YÖNETİMİ	24
2.1. PERFORMANS KAVRAMI	24

2.2. PERFORMANS ÖLÇÜMÜ VE YÖNETİMİ	24
2.3. PERFORMANS YÖNETİMİ VE BİLGİ YÖNETİM SİSTEMLERİ	26
2.4. DENGELİ PUAN KARTI	27
2.4.1. Dengeli Puan Kartı'nın Boyutları	28
2.4.1.1. Finansal Boyut	28
2.4.1.2. Müşteri Boyutu	28
2.4.1.3. İçsel Süreçler Boyutu	29
2.4.1.4. Öğrenme ve Büyüme Boyutu	29
2.4.2. Dengeli Puan Kartı'nın İşletmelere Sağladığı Faydalar	30
2.4.3. Dengeli Puan Kartı'nın Kısıtlılıkları	31
2.5. SÜRDÜRÜLEBİLİR DENGELİ PUAN KARTI	33
2.6. DİNAMİK SÜRDÜRÜLEBİLİR DENGELİ PUAN KARTI	34
2.7. LİTERATÜR	37
2.7.1. Havayolu Sektöründe Dengeli Puan Kartı	37
2.7.2. Dinamik Dengeli Puan Kartı Yaklaşımları	40
2.7.3. Dengeli Puan Kartı ve Makine Öğrenmesi	45

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. HAVAYOLU SEKTÖRÜNDE UYGULAMA	47
3.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ	47
3.2. YÖNTEM	48
3.2.1. Decision Tree	48
3.2.2. Random Forest	49
3.2.3. XGBoost	50
3.2.4. Extra Trees	50
3.3. BULGULAR	50
3.3.1. Sürdürülebilir Dengeli Puan Kartı Perspektifinde Performans Göstergelerinin Belirlenmesi	51
3.3.2. Makine Öğrenmesi Uygulaması	54
3.3.2.1. Veri Seti	54
3.3.2.1.1. Veri Hazırlık Süreci	56
3.3.2.1.2. Veri Normalizasyonu	57
3.3.2.1.3. Hiper Parametre Seçimi	57
3.3.2.1.4. Model Performansının Değerlendirilmesi	58
3.3.2.1.5. Korelasyon Matrisi	59
3.3.2.2. Finansal Boyut İçin Uygulama Sonuçları	60
3.3.2.2.1. Toplam Gelir	61
3.3.2.2.2. Operasyonel Maliyet	64
3.3.2.3. Müşteri Boyutu İçin Uygulama Sonuçları	68
3.3.2.3.1. Ücretli Yolcu Kilometre	68
3.3.2.3.2. Yolcu Sayısı	71
3.3.2.3.3. Kargo ve Posta	75

3.3.2.4. İçsel Süreç Boyutu İçin Uygulama Sonuçları -----	78
3.3.2.4.1. Arz Edilen Koltuk Kilometre-----	78
3.3.2.4.2. Yakıt Maliyeti -----	81
3.3.2.4.3. Personel Maliyeti-----	85
3.3.2.5. Öğrenme ve Büyüme Boyutu İçin Uygulama Sonuçları -----	88
3.3.2.5.1. Personel Sayısı -----	88
3.3.2.6. Sosyal ve Çevresel Boyut İçin Uygulama Sonuçları -----	92
3.3.2.6.1. Toplam Jet Yakıt Tüketimi -----	92
3.3.2.6.2. Emisyon Miktarı -----	95
3.3.2.7. Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi -----	99
SONUÇ VE ÖNERİLER -----	102
KAYNAKÇA -----	109



ÖZET

Sürdürülebilir havacılık hedefi doğrultusunda, havacılık endüstrisinin en önemli oyuncularını olan havayolu işletmelerinin operasyonları kilit bir rol oynamaktadır. Havayolu işletmeleri için sürdürülebilirlik uygulamalarının önemi artarken, sürdürülebilirliğin üç boyutunu dengeleme çabaları, etkin bir sürdürülebilirlik performans yönetim sistemini zorunlu kılmaktadır. Havayolları etkin bir sürdürülebilirlik performans yönetim sistemi uyguladıkları takdirde, sürdürülebilir kalkınma hedefleri üzerinde havacılık sektörünün etkilerinin fiili olarak değerlendirilmesine, yönetilmesine, izlenmesine ve ayrıca performansın raporlanmasına yardımcı olabileceklerdir. Bu nedenle, günümüzde havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik performans yönetimine odaklanan çalışmaların sayısı uluslararası düzeyde artış göstermektedir. Ancak, ilgili literatürde önerilen modeller dinamik bir yaklaşım sunmak açısından yetersiz kalmaktadır. Çalışma, havayolu işletmelerinin sürdürülebilir performans değerlendirmesi için dinamik bir model önererek, ilgili literatürde önemli bir eksikliğin giderilmesine katkı sağlarken geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılabilecek yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.

Çalışmanın genel amacı, geleneksel iş modeli uygulayan havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirebilmeleri için dinamik bir model geliştirilmesidir. Çalışmada, sürdürülebilir dengeli puan kartı perspektifinde belirlenen değişkenlerin ileriye dönük tahminlerinin yapılabilmesi için makine öğrenmesi yaklaşımları kullanılmaktadır. Çalışmada bütüncül bir çerçeve oluşturulması hedeflendiğinden birden fazla değişken için Decision Tree, Random Forest, XGBoost ve Extra Trees algoritmaları ile tahmin modelleri oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak en iyi sonuçları veren modeller belirlenmiştir. Sonuçlarımız, havayollarının sürdürülebilir performans yönetimi açısından dinamik sürdürülebilir dengeli puan kartı yaklaşımının, karar vericiler tarafından daha hızlı ve gerçekçi kararlar alınmasına katkı sağlayacağını desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Havayolu Performans Yönetimi, Sürdürülebilir Performans Değerlendirmesi, Sürdürülebilir Dengeli Puan Kartı, Makine Öğrenmesi.

A DYNAMIC MODEL PROPOSAL FOR SUSTAINABLE PERFORMANCE BASED ON BALANCED SCORECARD IN THE AIRLINE INDUSTRY

ABSTRACT

In line with the goal of sustainable aviation, the operations of airline companies, which are the most important players in the aviation industry, play a key role. As the importance of sustainability practices for airline companies increases, efforts to balance the three dimensions of sustainability necessitate an effective sustainability performance management system. If airlines implement an effective sustainability performance management system, they will be able to assess, manage, and monitor the impacts of the aviation sector on sustainable development goals, as well as report their performance. Therefore, the number of studies focusing on the sustainability performance management of airline companies is increasing internationally. However, the models proposed in the relevant literature are insufficient to offer a dynamic approach.

By proposing a dynamic model for the sustainable performance evaluation of airline companies, this study contributes to filling a significant gap in the relevant literature and offers an innovative approach that can be used as an alternative to traditional methods. The general purpose of the study is to develop a dynamic model for airline companies that apply a traditional business model to evaluate their sustainability performance. Machine learning approaches are used in the study to make forward-looking predictions of the variables identified in the sustainable balanced scorecard perspective. Since the study aims to create a holistic framework, prediction models were created using Decision Tree, Random Forest, XGBoost, and Extra Trees algorithms for multiple variables, and the models that yielded the best results were determined by comparing the outcomes. Our findings support that the dynamic sustainable balanced scorecard approach, in terms of managing the sustainable performance of airlines, will facilitate faster and more realistic decision-making by stakeholders.

Keywords: Airline Performance Management, Sustainability Performance Evaluation, Sustainability Balanced Scorecard, Machine Learning.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Korelasyon Matrisi	60
Şekil 2: Toplam Gelir Değişkeni Veri Dağılım Grafiği.....	61
Şekil 3: Toplam Gelir Değişkeni R^2 Değerleri.....	62
Şekil 4: Toplam Gelir Değişkeni RMSE Değerleri	62
Şekil 5: Toplam Gelir Değişkeni MAE Değerleri	63
Şekil 6: Toplam Gelir Değişkeni MAPE Değerleri	63
Şekil 7: Toplam Gelir Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	64
Şekil 8: Operasyonel Maliyet Değişkeni Veri Dağılım Grafiği.....	65
Şekil 9: Operasyonel Maliyet Değişkeni R^2 Değerleri.....	65
Şekil 10: Operasyonel Maliyet Değişkeni RMSE Değerleri	66
Şekil 11: Operasyonel Maliyet Değişkeni MAE Değerleri.....	66
Şekil 12: Operasyonel Maliyet Değişkeni MAPE Değerleri	67
Şekil 13: Operasyonel Maliyet Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	67
Şekil 14: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni Veri Dağılımı.....	68
Şekil 15: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni R^2 Değerleri	69
Şekil 16: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni RMSE Değerleri	69
Şekil 17: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni MAE Değerleri	70
Şekil 18: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni MAPE Değerleri.....	70
Şekil 19: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	71
Şekil 20: Yolcu Sayısı Değişkeni Veri Dağılımı	72
Şekil 21: Yolcu Sayısı Değişkeni R^2 Değerleri.....	72
Şekil 22: Yolcu Sayısı Değişkeni RMSE Değerleri.....	73
Şekil 23: Yolcu Sayısı Değişkeni MAE Değerleri.....	73
Şekil 24: Yolcu Sayısı Değişkeni MAPE Değerleri	74
Şekil 25: Yolcu Sayısı Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	74
Şekil 26: Kargo ve Posta Değişkeni Veri Dağılımı	75
Şekil 27: Kargo ve Posta Değişkeni R^2 Değerleri.....	75
Şekil 28: Kargo ve Posta Değişkeni RMSE Değerleri.....	76
Şekil 29: Kargo ve Posta Değişkeni MAE Değerleri.....	76
Şekil 30: Kargo ve Posta Değişkeni MAPE Değerleri.....	77
Şekil 31: Kargo ve Posta Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	77
Şekil 32: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni Veri Dağılımı	78
Şekil 33: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni R^2 Değerleri	79
Şekil 34: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni RMSE Değerleri	79
Şekil 35: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni MAE Değerleri	80

Şekil 36: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni MAPE Değerleri	80
Şekil 37: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	81
Şekil 38: Yakıt Maliyeti Değişkeni Veri Dağılımı	82
Şekil 39: Yakıt Maliyeti Değişkeni R^2 Değerleri.....	82
Şekil 40: Yakıt Maliyeti Değişkeni RMSE Değerleri.....	83
Şekil 41: Yakıt Maliyeti Değişkeni MAE Değerleri.....	83
Şekil 42: Yakıt Maliyeti Değişkeni MAPE Değerleri.....	84
Şekil 43: Yakıt Maliyeti Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	84
Şekil 44: Personel Maliyeti Değişkeni Veri Dağılımı	85
Şekil 45: Personel Maliyeti Değişkeni R^2 Değerleri.....	86
Şekil 46: Personel Maliyeti Değişkeni RMSE Değerleri.....	86
Şekil 47: Personel Maliyeti Değişkeni MAE Değerleri.....	87
Şekil 48: Personel Maliyeti Değişkeni MAPE Değerleri.....	87
Şekil 49: Personel Maliyeti Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	88
Şekil 50: Personel Sayısı Değişkeni Veri Dağılımı	89
Şekil 51: Personel Sayısı Değişkeni R^2 Değerleri.....	89
Şekil 52: Personel Sayısı Değişkeni RMSE Değerleri.....	90
Şekil 53: Personel Sayısı Değişkeni MAE Değerleri.....	90
Şekil 54: Personel Sayısı Değişkeni MAPE Değerleri	91
Şekil 55: Personel Sayısı Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	91
Şekil 56: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni Veri Dağılımı	92
Şekil 57: Toplam Jet Yakıt Tüketimi R^2 Değerleri	93
Şekil 58: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni RMSE Değerleri.....	93
Şekil 59: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni MAE Değerleri.....	94
Şekil 60: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni MAPE Değerleri	94
Şekil 61: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	95
Şekil 62: Emisyon Miktarı Değişkeni Veri Dağılımı.....	96
Şekil 63: Emisyon Miktarı Değişkeni R^2 Değerleri	96
Şekil 64: Emisyon Miktarı Değişkeni RMSE Değerleri	97
Şekil 65: Emisyon Miktarı Değişkeni MAE Değerleri	97
Şekil 66: Emisyon Miktarı Değişkeni MAPE Değerleri.....	98
Şekil 67: Emisyon Miktarı Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması.....	98

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Performans Göstergeleri	51
Tablo 2: Betimsel İstatistikler	55
Tablo 3: Değişkenlerin Tanımlaması	56
Tablo 4: Uygulanan Modeller için Hiper Parametreler.....	58
Tablo 5: MAPE Sınıflandırması	59
Tablo 6: Değişkenler için En İyi Performans Gösteren Modeller.....	99
Tablo 7: En İyi Performans Gösteren Modellere Ait Değerler	100
Tablo 8: 2023 Yıl Sonu Tahmin Değerlerinin Karşılaştırması	101



GİRİŞ

Artan çevre bilinci, ekonomik değişkenlik ve gelişen sosyal beklentilerle karakterize edilen bir çağda sürdürülebilirlik, dünya çapındaki kuruluşlar için merkezi bir zorunluluk haline gelmiştir. Büyüme arayışının çevresel yönetim ve toplumsal refahla dengelenmesi gereken havacılık sektöründe, sürdürülebilirliği stratejik karar alma süreçlerine entegre etme zorluğu büyük önem taşımaktadır.

Sürdürülebilir havacılık arayışında havayolu işletmelerinin operasyonları, havacılık endüstrisinin temel taşı konumundadır. Sürdürülebilirliğe ilişkin küresel farkındalık arttıkça, havayolu işletmelerinin ekonomik sürdürülebilirliği çevresel ve sosyal sorumluluklarla dengeleme zorunluluğu da giderek daha fazla dile getirilmektedir. Bu hassas dengenin etkin bir şekilde yönetilmesi, güçlü sürdürülebilirlik performans yönetimi sistemlerinin uygulanmasını gerektirmektedir.

Havayolu işletmeleri personel yoğun, altyapı yatırımının yüksek olduğu bir sektörde faaliyet göstermektedir ve bu nedenle havayolu şirketlerinin sabit maliyetleri oldukça yüksektir. Yüksek sabit maliyetlerin yanı sıra, düşük kar marjı ile hizmet sunulan yoğun rekabet ortamında faaliyet göstermek zorunda kalmaktadırlar. Yoğun rekabet ortamında faaliyet gösteren çoğu havayolu işletmesi hayatta kalabilmek için taleplere hızlı bir şekilde yanıt verme konusunda baskı hissetmektedir. Bu nedenle performans yönetimi havayolu işletmeleri için hayati bir konu haline gelmiş, mevcut ve gelecekteki performanslarını çok boyutlu olarak değerlendirebilecek performans araçlarına olan ihtiyaç artmıştır.

Performans yönetimi, işletmelerin performanslarını en üst düzeye çıkarmak için stratejik göstergelere odaklanarak bilgi sistemi, iş süreçleri ve teknolojik araçlar aracılığıyla hedeflerine ulaşmalarını sağlamaktadır. İşletmeler, bir işin nasıl yürütüldüğünü anlamak ve daha iyi performans göstermesini sağlamak için performanslarını ölçmektedir. Dolayısıyla işletme performansının iyileştirilmesi müşterilere, çalışanlara ve diğer paydaşlara sunulan hizmetin seviyesinin artırılması anlamına gelmektedir.

Dengeli puan kartı 1990'ların başında Kaplan ve Norton tarafından ortaya atıldığından beri hem uygulamada hem de literatürde oldukça dikkat çeken bir yaklaşımdır. Dengeli puan kartı işletmelere hem finansal hem de finansal olmayan

performanslarını değerlendirmeleri için bütüncül bir çerçeve sunmaktadır. Artan sürdürülebilirlik endişeleri ile ek bir sosyal ve çevresel boyut eklenerek sürdürülebilir dengeli puan kartı olarak adlandırılan yaklaşım işletmelerin sürdürülebilirlik performans değerlendirmelerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Günümüzde her türlü kuruluş sürekli değişen ve uyum sağlamak zorunda oldukları bir ortamda faaliyet göstermektedir. Bu durum üst yönetimin yeni ortamlara uyumu teşvik etmek amacıyla acil ve etkili eylemler için kritik kararlar almasını gerektirmektedir. Bu açıdan bakıldığında sürdürülebilir dengeli puan kartı yaklaşımı statik ve herhangi bir geri bildirim sağlamayan yapısı nedeniyle yetersiz kalmaktadır.

İşletmelerin performans değerlendirmesinde kullanılan performans göstergelerinin seçimi ve değerlendirmesi, modern endüstrinin en önemli adımlarından biri olarak görülmektedir. İşletmeler temel performans göstergelerini izleyerek performanslarını düzenli olarak takip ederler. Yetersiz hedeflerin belirlenmesi veya orta/üst düzey yönetim tarafından hatalı karar verilmesi, tüm işletmenin performansını olumsuz anlamda etkileyecektir. Bu nedenle, temel performans göstergelerinin önceliklendirilmesi ve tahmin edilmesi, işletmeye proaktif ilerleme imkanı sağlayarak rakiplerine kıyasla üstünlük avantajı sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik performans değerlendirmesi için sürdürülebilir dengeli puan kartı ve makine öğrenmesi yaklaşımlarını entegre eden dinamik bir model önerisinde bulunmaktadır. Çalışma kapsamında önerilen model sayesinde, sürdürülebilir dengeli puan kartı yaklaşımının eksik yönlerinin giderilerek bir havayolu işletmesi için belirlenen performans göstergelerinin ileriye dönük tahminlerinin yapılması amaçlanmaktadır. Böylece havayolu işletmeleri, ileriye dönük performanslarını dinamik bir şekilde anlık olarak kontrol edebilecek ve önerilen model yöneticilerin hızlı ve etkin kararlar almasına katkı sağlayacaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde sürdürülebilirlik kavramı, kurumsal sürdürülebilirlik ve hava taşımacılığı ile sürdürülebilirlik ilişkisi açıklanmaktadır. İkinci bölümde ise, performans, performans ölçümü ve yönetimi, performans

yönetimi ve bilgi yönetim sistemleri ilişkisi, dengeli puan kartı ve sürdürülebilir puan kartı yaklaşımları açıklanırken devamında çalışma konusu ile ilgili literatür yer almaktadır.

Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde bir havayolu işletmesinde uygulama süreci yer almaktadır. Çalışmada kullanılan veri seti ve yapısı, uygulama sürecinde gerçekleştirilen işlemler, uygulama sonucunda elde edilen bulgular ve genel değerlendirme ile ilgili bilgiler yer alırken, devamında araştırma sonucu elde edilen bilgilerin yorumlandığı sonuç ve öneriler kısmı yer almaktadır.



BİRİNCİ BÖLÜM

1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HAVACILIK SEKTÖRÜ

1.1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

Sürdürülebilirlik, günümüzde önemi giderek artan ve popüler hale gelen bir kavramdır (Yenidoğan, 2021:1). Sürdürülebilirlik kelimesi Latince “sustinere” kelimesinden gelmektedir ve temel olarak sürdürmek, ayakta tutmak, devam ettirme yeteneği, sağlamak, desteklemek anlamlarında kullanılmaktadır (Caradonna, 2014: 3; Binboğa, 2021: 4; Yenidoğan, 2021:1; Ersoy, 2021: 5). Bir şeyin sürdürülebilir olması ise, durumun sürekli olmasından ziyade, tüm şartlar uygun olsa bile bir iradenin söz konusu duruma bağımlı olmayı tercih etmesini ifade etmektedir (Ece Çokmutlu, 2019: 39).

Sürdürülebilirlik düşüncesi temel olarak, insanların doğal kaynakları muhafaza ederek yaşamlarını devam ettirme fikrinden ortaya çıkmıştır. Sanayi Devrimi'nden bu yana, mal üretimi ve enerji kullanımında bin kat, mal ve hizmetlerde uluslararası ticarete yüz kat artış görülürken, günümüzde küresel nüfus 1 milyardan yaklaşık 8 milyara yükselmiştir (Barnett vd., 2008: 355; Ersoy, 2021: 8-9).

Dünya nüfusunun ve tüketimin hızla artması ve teknolojik gelişmeler nedeniyle çevre kirliliği ve doğal kaynakların yok edilmesi tehdidi ile karşı karşıya kalmış durumdayız. Ancak 20. yüzyılın başlarından itibaren kurulan derneklerin ve kuruluşların temel amacı, insanın doğaya verdiği zararı en aza indirmek, hatta önlemektir (Duran, 2018: 3).

Sürdürülebilirlik kavramının tanımına ilişkin literatürde farklı ifadeler mevcuttur. Morelli (2011: 2)'e göre sürdürülebilirlik ekosistemlerin mevcut durumunda bozulma olmadan insan ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Ruckelshaus (1989: 167)'a göre sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınmanın tamamlayıcısı olarak çevre koruma ve sosyal refahın birlikte düşünülmesi gerekliliğidir. Goodland (1995: 6) sürdürülebilirliği, geleceğe zarar vermeme ve nesiller arası eşitlik olarak ifade etmektedir.

Başka bir sürdürülebilirlik tanımı, ekonomik sistemin sosyal ve ekolojik sistemlerin içinde yer aldığı ve bunlara bağlı olması ile ilgili olarak ifade edilmiştir

(Giddings vd., 2002: 187). Bu tanım, insanların endüstriyel faaliyeti, toplum ve doğa arasındaki birbirine bağlı ve bağımlı ilişkileri açıkça kabul etmektedir (Müller vd., 2022: 10).

Vos (2007: 335) ise, sürdürülebilirlik tanımlarının bütünleştirildiğinde hepsinin genel olarak ortak bir temel unsura sahip olduğunu ve ekonomik, sosyal ve ekolojik konulara yönelik olduğunu belirtmiştir. Bu üç unsurun birbirini güçlendirdiğini ve ekonomik büyümeyi, çevre sorunlarını ve sosyal refahı desteklediğini belirtmiştir (Yenidoğan, 2021: 2; Ersoy, 2021: 11).

Literatürde yapılan tanımlamaların ortak noktasına bakıldığında sürdürülebilirlik, bir faaliyetin, bir hareketin genel sistemin yapısında bozulma olmaksızın sonsuza kadar devamlılık göstermesi olarak ifade edilebilmektedir (Binboğa, 2021: 6; Ece Çokmutlu, 2019: 40). Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma, çok çeşitli ekonomik, sosyal ve çevresel değerleri kapsayan çok kapsamlı bir kavram olarak, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının dikkate alınarak mutluluk seviyelerini düşürmeden, ekonominin teşvik edilmesinin çevre ile uyumlu olması ve şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılaması şeklinde yorumlanabilmektedir (Geçdoğan, 2020: 7).

1.2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BOYUTLARI

Sürdürülebilirlik kavramının ilgili literatürde yer alan tanımlamaları dikkate alındığında, sürdürülebilirliğin üç boyutundan bahsedildiği görülmektedir. Söz konusu boyutlar, genel kabul görmüş şekliyle; ekonomik, sosyal ve çevresel boyut olarak adlandırılmaktadır.

1.2.1. Ekonomik Boyut

Sürdürülebilirliğin ilk boyutu olan ekonomik sürdürülebilirlik, işletmenin finansal, maddi veya maddi olmayan sermayesini inceleyerek, bunların doğru bir şekilde kullanılması gerektiğini ifade etmektedir (Geçdoğan, 2020: 9; Binboğa, 2021: 10; Ersoy, 2021: 11; Ece Çokmutlu, 2019: 42-43; Müller vd., 2022: 10).

Bir ekonominin ideal ve sürdürülebilir olarak adlandırılması için kaynak kullanımı ve çevresel zarar en düşük seviyelerde gerçekleşirken, genel refaha en yüksek katkının sağlanabiliyor olması gerekmektedir. Sürdürülebilir bir ekonomi için doğal kaynaklara olan talebin, doğanın yenilenebilir kaynak arzından daha az olması gerekmektedir (Gedik, 2020: 211).

1.2.2. Sosyal Boyut

Sürdürülebilirliğin ikinci boyutu olan sosyal sürdürülebilirlik, toplumsal ve beşerî sermayenin geliştirilmesine odaklanmaktadır (Geçdoğan, 2020: 9; Binboğa, 2021: 10; Ersoy, 2021: 11; Ece Çokmutlu, 2019: 42-43; Müller vd., 2022: 10). Sosyal sürdürülebilirlik, toplumun bütünlüğünün ve ortak hedefler doğrultusunda çalışma yeteneğinin korunmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda, sağlık ve refah, beslenme, barınma, eğitim ve kültürel ifade gibi bireysel ihtiyaçların karşılanması gerekmektedir (Moldan vd., 2012: 5).

Sürdürülebilir kalkınma söyleminin bir bölümü ise artık toplumsal eşitliğin önemini vurgulamaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik, toplumun evrimiyle uyumlu bir şekilde farklı kültürel ve toplumsal grupların bir arada uyum içinde yaşayabileceği bir ortam yaratırken, tüm topluluk için yaşam kalitesinde iyileşmeler sağlayarak ve toplumsal entegrasyonu teşvik ederek büyümeyi ifade etmektedir. Dolayısıyla, sosyal sürdürülebilirliğin istikrarı, toplumsal/kültürel özelliklerin, tercihlerin ve çevrenin zaman içinde muhafaza edilme seviyesi ile ilgilidir (Bilgili, 2017: 209).

1.2.3. Çevresel Boyut

Sürdürülebilirliğin son boyutu olan çevresel sürdürülebilirlik ise, doğal kaynakların dikkatli kullanılması ve sürdürülebilirliğin sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin odak noktası, mevcut ve gelecek nesillerin kaynak ve hizmet gereksinimlerini karşılarken, bunların sağlandığı ekosistemlerin sağlığından taviz vermemeye itina göstermek olarak belirtilebilir (Geçdoğan, 2020: 9; Binboğa, 2021: 10; Ersoy, 2021: 11; Ece Çokmutlu, 2019: 42-43; Müller vd., 2022: 10).

Çevresel sürdürülebilirlik, insanların gereksinimlerinin tatmin edilmesini sağlayan ekosistemlerin bağlantılı olma, dayanıklılık ve esneklik ilkelerini göz önünde bulundurarak, ekosistemlerin kendilerini yenileyebilme özelliklerine dikkat eden aynı zamanda biyoçeşitliliği azaltmayan eylemler olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik alt sisteminin ölçeğini bağımlı olduğu genel ekosistemin biyofiziksel sınırları dâhilinde tutmak anlamına gelmekte ve sürdürülebilir üretim ve tüketime gereksinim duymaktadır (Bilgili, 2017: 564).

1.3. KURUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sürdürülebilirlik kavramının ekonomik, sosyal ve çevresel gibi birçok alanda kullanılmasının nedeni, insanların geleceğini temel alması ve geliştirildiği alandaki kaynakları korumayı amaçlamasıdır. Sürdürülebilirlik, insanların yaşam standartlarını değiştirmeden, dünyaya bakış açısını değiştirmeye zorlayan bir kavramdır. Başka bir deyişle, insanların yalnızca tüketen olduğu bir toplum yerine, doğal kaynakların, çevresel faktörlerin yönetilmesi ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanması ile ilgilidir (Geçdoğan, 2020: 2).

Günümüzde sosyal ve çevresel konulara yönelik artan ahlaki ve etik zorunluluğun göstergesi olan topluluk beklentileri ve paydaş talepleri, günümüz iş ortamında sürdürülebilirlik konularının kaçınılmaz olmasını sağlamaktadır (Mackrell vd., 2011: 5).

İşletmelerin ticari kuruluşlar olmaları nedeniyle işletme kârlarını artırmaya yönelik her türlü faaliyeti kabul eden anlayış, yerini değerlerin işletmelerin ekonomik kârını artıran faaliyetlere ağırlık verdiği anlayışına bırakmıştır. Geçmişte yaygın olarak kabul edilen tek finansal beklenti yerini toplumsal beklentilere bırakırken, yeni düzende, finansal beklentiler ortadan kalkmadan, sosyal içerikli, çevre koruma ve değerlere sahip işletmeler için rekabet fırsatları öne çıkmıştır (Yenidoğan, 2021: 3).

İşletme düzeyinde sürdürülebilirlik kavramı kurumsal sürdürülebilirlik olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşıma göre işletmelerin ekonomik büyüme, doğal kaynakların korunması, çevresel faktörler, iş hayatında eşitlik ve adalet gibi kavramları içeren ekonomik kalkınmanın sosyal hedefleri ile uyumlu olması da bir o kadar önemlidir. Özetle, uzun vadede işletme varlıklarının korunmasında çevresel ve sosyal yönlerin ekonomik yönler kadar önemli olduğu tespit edilmiştir (Geçdoğan, 2020: 3).

İşletmelerde sürdürülebilir kalkınma, uzun vadeli dengeli kararlar almak, daha ihtiyatlı hareket etmek ve doğal sermayeyi daha akılcıca kullanarak gelecek nesilleri de dikkate alırken ekonomik, çevresel ve sosyal boyutların ortak bir değerlendirmesini, ifade etmektedir (Duran, 2018: 11).

Güçlü bir sürdürülebilirlik perspektifinden, ekolojik sistemimizi korumak için yenilenemeyen kaynakları yenilenebilir olanlarla değiştirmemiz gerektiği ve yenilenebilir kaynakları, doğal olarak yenilenebileceklerinden daha hızlı olmayan bir şekilde kullanmamız gerektiği açıktır. Ayrıca, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için sağlam ve işleyen bir ekosistem gereklidir. Bu nedenle, küresel ısınma ve istikrarsız bir iklim, sürdürülemez olarak kabul edilmektedir (Müller vd., 2022: 10).

Enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, alternatif biyo-yenilenebilir kaynakların kullanılması ve çevre kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi, yaşam standartlarının yükseltilmesi gibi hedefler, sürdürülebilir kalkınma için temel gereklilikler olarak kabul edilmektedir. Rekabet gücünün artırılması, bilgiye dayalı ekonominin geliştirilmesi, sosyal teşviklerle insan sermayesinin geliştirilmesi ve daha etkin kullanılması, sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesinde önemli rol oynayan unsurlardır (Radu, 2012: 452).

Sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği gibi konular söz konusu olduğunda, şirketler operasyonlarının her aşamasında, tedarik zincirleri ve iş ortaklıkları dahil olmak üzere sürdürülebilirlik ilkelerini iş stratejilerine entegre etmektedirler. Bu konular, bir şirketin hammadde tedarikinden üretim ve imalata, enerji kullanımı seçimlerinden dağıtım ve operasyonel faaliyetlere, ayrıca oluşan emisyonlardan tüketici tercihlerine, düzenleyici gerekliliklere ve paydaşların baskısına kadar neredeyse her yönünü etkileyebilmektedir (Müller vd., 2022: 10).

Sürdürülebilirlik kavramı, bir organizasyonun rolü, sorumlulukları ve performansı ile ilişkili diğer kavramlarla birlikte analiz edilmeli ve anlaşılmalıdır. Bu bağlamda, kurumsal şirketlerin rol ve sorumluluklarını çok yönlü bir şekilde kavrayabilmek için kavramsal olarak disiplinler arası bir çerçeveye ihtiyaç vardır. Kurumların sürdürülebilir eylemleri, çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlere artan bir önem verir; bu faktörler, paydaşlar için artan bir değer ve bilgi getirirken sürdürülebilir performans raporuyla yansıtılmalıdır (Radu, 2012: 454).

1.3.1. Kurumsal Sürdürülebilirlik Teorileri

İşletmeler, etik kaygılar, ekonomik ve itibari faydalar, dış baskılar, yenilik arzusu ve çalışanların motivasyonu gibi nedenlerle sürdürülebilirlik bilgilerini

açıklama gereği duymaktalar (Gümrah ve Güngör Tanç, 2018: 337). Çalışmanın bu kısmında, işletmeleri sürdürülebilirlik bilgilerini açıklamaya iten kurumsal sürdürülebilirlik teorileri ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Meşruiyet teorisi, paydaş teorisi ve kurumsallaşma teorisi altında sınıflandırılan bu teoriler ayrıca detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

1.3.1.1. Meşruiyet Teorisi

Organizasyonlar, faaliyetleriyle ilişkilendirilen veya ima edilen sosyal değerler ve bir parçası oldukları geniş sosyal sistemde yer alan, kabul edilebilir davranış normları arasında uyum sağlamaya çalışmaktadır. Söz konusu iki değer sistemi uyumlu olduğunda, organizasyonel meşruiyet kavramı ortaya çıkmaktadır (Dowling ve Pfeffer, 1975: 122).

Meşruiyet, bir varlığın eylemlerinin, belirli bir toplumsal norm, değer, inanç ve tanımlar sistemine göre arzu edilir, uygun veya yerinde olduğu genelleştirilmiş bir algı veya varsayım olarak tanımlanmaktadır. Meşruiyet bir algı veya varsayım niteliğindedir çünkü organizasyonu gözlemleyenlerin onu nasıl gördüklerine bir tepki olarak ortaya çıkmaktadır (Suchman, 1995: 574).

Meşruiyet kavramı, organizasyonların çevreleriyle olan ilişkilerini analiz etmede önemlidir. Meşruiyet, organizasyonel ve toplumsal düzeyler arasında bir bağlantı sağlamaktadır. Meşruiyet ile toplumsal normlar ve değerler, bireysel organizasyonların aldığı eylemleri kısıtlarken, organizasyonların meşruiyet amacıyla yaptıkları eylemler de değerleri ve normları değiştirebilmektedir. Ayrıca, meşruiyet organizasyonlar için önemli olduğundan, toplumsal normlar ve değerler tarafından uygulanan kısıtlamalar ve bu kısıtlamalara verilen tepkiler, organizasyon davranışlarını çevreleriyle ilişkili olarak analiz etmek için bir odak noktası sağlamaktadır (Dowling ve Pfeffer, 1975: 131).

Kurumsal meşruiyetin temel mantığını, organizasyonun toplum içindeki gruplardan onay alma (veya yaptırımı önleme) amacıyla yürüttüğü meşrulaştırma süreci yansıtmaktadır. Bu nedenle meşrulaştırma, bir organizasyonun devam eden varlığını sağlamak için gerekli görülmektedir (Kaplan ve Ruland, 1991: 370).

1.3.1.2. Paydaş Teorisi

Paydaş teorisi, organizasyonların ve çevrelerinin statik ve öngörülebilir doğasını varsayan yönetsel yaklaşımlara bir tepki olarak ortaya çıkmıştır (Çelik, 2018: 16). Paydaş teorisi, organizasyonel strateji ve etik üzerine bir yönetsel kavrayıştır. Teorinin temel mantığı, bir organizasyonun başarısının, müşteriler, çalışanlar, tedarikçiler, topluluklar, finansörler ve amacının gerçekleştirilmesini etkileyebilecek diğer önemli gruplarla ilişkilerini ne kadar iyi yönettiğine bağlı olmasına dayanmaktadır (Freeman ve Phillips, 2002: 333).

Paydaş yönetimi, organizasyonun sadece hissedarların karını maksimize etmekle sınırlı olmadığını vurgular. Organizasyonun hedeflerine ulaşmasına yardımcı olabilecek veya engelleyebilecek paydaşların çıkarları ve refahı teorinin merkezinde yer alır. Bu bağlamda, paydaş teorisi, kaynak bağımlılığı teorisi gibi alternatif stratejik yönetim modellerine benzerlik gösterir, ancak sermaye hissedarlarının zenginleştirilmesi amacından öte, diğer paydaş gruplarının çıkarlarına ve refahına odaklanmayı zorunlu kılar. Organizasyonlar genellikle bazı paydaş gruplarıyla ilişkilerini sadece stratejik olarak değil, aynı zamanda normatif olarak meşru olarak görmektedir (Philips ve Freeman, 2003).

Paydaş teorisine göre, her işletmenin paydaşlarına karşı sorumlulukları ve görevleri bulunmaktadır. İşletmelerin temel hedefi, maksimum kâr elde ederek bu kârı hissedarlarına geri döndürmektir. Paydaş teorisi, işletmelerin sadece hissedarlarla değil, aynı zamanda çeşitli diğer kişiler ve kurumlarla olan ilişkilerinin de önemini vurgulamaktadır. Dolayısıyla, güçlü paydaş ilişkilerine sahip olan işletmelerin, işlem maliyetlerinin azalması yoluyla rakiplerine karşı rekabet avantajı elde edecekleri ifade edilmektedir (Güröl, 2021: 90-91).

Paydaş teorisine göre, sürdürülebilirlik raporları hem etik bir hesap verebilirlik aracı olarak hem de diğer örgütlerin, grupların veya ilgili tarafların taleplerine yanıt vermek için stratejik bir yönetim aracı olarak ele alınmaktadır. Kuruluşlar, sürdürülebilirlik raporlarında, kuruluş üzerinde etkili olan veya kuruluşun etkilediği paydaş taleplerini "ne ve nasıl" soruları doğrultusunda değerlendirmektedir (Gümrah ve Güngör Tanç, 2018: 338).

1.3.1.3. Kurumsallaşma Teorisi

Organizasyonlar, belirli bir endüstri veya sektör içinde geçerli olan kurallara ve gerekliliklere uyum sağlayarak faaliyet gösterirler. Bu uyum, organizasyonların sadece etkinliklerini artırmakla kalmaz, aynı zamanda meşruiyetlerini pekiştirir, kaynaklara erişimlerini güçlendirir ve hayatta kalma şanslarını artırır. Kurumsal normlara uyum sağlayan organizasyonlar, bu şekilde organizasyonel riskleri en aza indirirler ve endüstri veya sektör içindeki yapıları belirgin biçimde şekillendirirler (Kondra ve Hinings, 1998: 744-745).

Kurumsallaşma teorisi, sosyal (özellikle örgütsel) olguları analiz etmek için bir teorik çerçeve sunar ve sosyal dünyanın büyük ölçüde kurumlarla (kalıcı kurallar, uygulamalar ve yapılar) şekillendirildiğini varsayar. Teoriye göre kurumlar, sosyal düzenin bir parçası olarak içselleştirildikleri için sosyal yaşamın akışını yönlendirirler (Lawrence ve Shadnam, 2008: 1).

Kurumsallaşma teorisi, grupların ve organizasyonların konumlarını ve meşruiyetlerini kurallara (düzenleyici yapılar, hükümet kurumları, yasalar, mahkemeler, meslekler, toplumsal ve kültürel uygulamalar) ve kurumsal çevrenin normlarına uygun olarak nasıl daha iyi güvence altına aldıklarını geleneksel olarak ele alır. Teoriye göre, dış sosyal, siyasi ve ekonomik baskılar firmaların stratejilerini ve organizasyonel karar alma süreçlerini etkiler, çünkü firmalar meşru uygulamaları benimsemeye veya uygulamalarını diğer paydaşların gözünde meşrulaştırmaya çalışır (Glover vd., 2014: 104).

Özetle kurumsal teori, şirketleri dış paydaşlar önünde iyi bir izlenim bırakmak için sürdürülebilirlik uygulamaları benimsemeye teşvik eden normatif baskıları açıklamaktadır. Bu bağlamda, kurumsal teori, sürdürülebilirlik uygulamalarının arkasındaki motivasyonları anlamada önemli bir rol oynamaktadır (Güröl, 2021: 93).

1.3.2. Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlaması ve Standartları

Küresel düzeyde artan kamu farkındalığı ve işletme organizasyonlarının ekolojik, sosyal ve ekonomik sorunlara katkı sağlama rolüne duyulan hassasiyetin bir sonucu olarak, dünyanın en büyük şirketleri, kurumsal sürdürülebilirliğe olan

bağlılıklarını gösterme konusunda artan bir isteklilik göstermektedir. Bu bağlamda, giderek daha fazla organizasyon ekonomik, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirlik performanslarını raporlamaktadır (Ehnert vd., 2016: 88). İşletmelerin ekonomik, sosyal ve çevresel faaliyetlerinin değerlendirilmesi ve periyodik olarak kamuoyuna açıklanması süreci artık sürdürülebilirlik raporlaması olarak adlandırılmaktadır (Fonseca vd., 2010: 22).

Sürdürülebilirlik raporları, şirketin ana sürdürülebilirlik konuları ve girişimleri hakkında paydaşların ilgisini çeken nitel ve nicel bilgiler içermektedir (Searcy ve Buslovich, 2014: 151). Sürdürülebilirlik odaklı bir şirket, farklı paydaşlara karşı sorumluluklarının tamamen farkında olup, sosyal ve ekolojik performansını iyileştirmesine olanak sağlayan yöntemler ve araçlar benimsemektedir (Perrini ve Tencati, 2006: 298). Sürdürülebilirlik raporları, özellikle organizasyonların sosyal ve çevresel performansları hakkında paydaşlarıyla şeffaf iletişim kurmaları için hayati bir araç sağlamaktadır (Junior vd., 2014: 2).

Birçok kuruluş, paydaşlarının artan ilgisini karşılamak amacıyla gönüllü olarak sürdürülebilirlik bilgilerinin giderek artan bir miktarını yayınlamaktadır (Dienes vd., 2016: 155) ve bu durum küresel anlamda organizasyonlar için bir standart haline gelmektedir (Pérez-López vd., 2015: 720). Zorunlu gerekliliklerin olmaması durumunda, birçok şirket raporlarının geliştirilmesine yardımcı olmak için sürdürülebilirlik raporlama kılavuzlarına güvenmektedir (Searcy ve Buslovich, 2014: 151).

Farklı ülkelerde çeşitli raporlama standartları mevcuttur, bu standartlar sürekli olarak paydaşların ve değişen gereksinimlerin ihtiyaçlarına uygun olarak güncellenmektedir. İşletmeler, raporlarını kaliteli ve özgün hale getirebilmek için mevcut standartları ve gönüllü faaliyet gösteren danışmanlık kurumlarının yönergelerini dikkate almalıdır (Borsa İstanbul, 2020).

1.3.2.1. Küresel Raporlama Girişimi (GRI)

Küresel Raporlama Girişimi (Global Reporting Initiative / GRI), Exxon Valdez petrol sızıntısıyla ortaya çıkan çevresel zararlar üzerine halkın tepkisi sonucunda 1997 yılında Boston (ABD)'da kurulmuştur. Kuruluşun amacı, şirketlerin sorumlu

çevresel davranış ilkelerine uymalarını sağlamak için ilk hesap verebilirlik mekanizmasını oluşturmak iken, daha sonra bu kapsam sosyal, ekonomik ve yönetim konularını da içerecek şekilde genişletilmiştir.

GRI Rehberleri, ilk olarak 2000 yılında yayımlanarak sürdürülebilirlik raporlaması için küresel bir çerçeve oluşturmuştur. GRI, bağımsız ve kar amacı gütmeyen bir kuruluş olarak kurulmuş ve 2002'de Amsterdam'a taşınarak rehberlerin ilk güncellemesi olan G2'yi başlatmıştır. GRI rehberleri, zaman içinde genişletilerek iyileştirilmiş ve G3 (2006) ve G4 (2013) versiyonlarına evrilmiştir. 2016'da ise GRI, sürdürülebilirlik raporlaması için küresel standartları belirlemeye odaklanarak GRI Standartları'nı oluşturmuştur. Bu standartlar sürekli olarak güncellenmekte ve yeni konular eklenmektedir, örneğin vergi (2019) ve atık (2020) konularında yeni standartlar getirilmiştir. Son olarak, evrensel standartlar (2021) için önemli bir güncelleme yapılmış ve sektör standartlarının (2021 ve sonrası) yaygınlaşması devam etmektedir¹.

1.3.2.2. Uluslararası Bütünleşik Raporlama Konseyi (IIRC)

Uluslararası Bütünleşik Raporlama Konseyi (International Integrated Reporting Council/IIRC), 2010 yılında iş dünyası, yatırımcılar, politika yapımcılar, muhasebeciler ve sivil toplumun küresel bir koalisyonu olarak kurulmuştur².

Bütünleşik raporlama, bir organizasyonun stratejisi, yönetimi, performansı ve gelecek beklentileri hakkında maddi bilgileri bir araya getirerek, organizasyonun işlettiği ticari, sosyal ve çevresel bağlamı yansıtan bir şekilde sunmaktadır. Bu, bir organizasyonun nasıl bir idarecilik gösterdiğini ve nasıl değer yarattığını ve sürdürdüğünü açık ve öz bir şekilde temsil etmektedir.

Bütünleşik raporlama çerçevesi, dünya çapında bütünleşik raporlamanın benimsenmesini hızlandırmak amacıyla kullanılır ve aşağıdaki hedeflere yöneliktir³:

- Sermayenin daha verimli ve üretken bir şekilde tahsis edilmesini sağlamak için bilgi kalitesini artırmak,

¹ <https://www.globalreporting.org/about-gri/mission-history/>

² <https://integratedreporting.ifrs.org/the-iirc-2/governance-archive/>

³ <https://integratedreporting.ifrs.org/resource/international-ir-framework/>

- Kurumsal raporlamada bütünleşik, uyumlu bir yaklaşımı teşvik etmek; çapraz fonksiyonel bilgi ve verilere dayanarak zaman içinde değer yaratımını etkileyebilecek tüm faktörlerin tam bir yelpazesini iletmek,
- Bir şirketin kullandığı veya etkilediği tüm sermayeler (finansal, üretilmiş, entelektüel, insan, sosyal ve ilişkisel, doğal sermayeler) için hesap verebilirlik ve idarecilik güçlendirmek ve bağımlılıklarının anlaşılmasını teşvik etmek,
- Kısa, orta ve uzun vadeli değer yaratımına odaklanan bütünleşik düşünme, karar verme ve eylemleri desteklemek.

Dünya genelinde 75'ten fazla ülkede kullanılan bütünleşik raporlama çerçevesi, yüksek kaliteli kurumsal raporlamayı teşvik eder ve finansal tablolar ile sürdürülebilirlikle ilgili finansal açıklamalar arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Bu çerçeve, yatırımcıların bir şirketin zaman içinde değer yaratma yeteneğini değerlendirmek için ihtiyaç duyduğu bilgileri bir araya getirmektedir⁴.

1.3.2.3. İktisadi Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) Standardı

İktisadi Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-Operation and Development/OECD), II. Dünya Savaşı sonrası Avrupa'nın yeniden yapılandırılması için Marshall Planı kapsamında Amerikan ve Kanadalı yardımlarını yönetmek üzere kurulan Avrupa Ekonomik İşbirliği Teşkilatı (OEEC)'nin yeniden yapılanması ile ortaya çıkmıştır. O günden beri OECD'nin misyonu, hükümetlere dayanıklı, kapsayıcı ve sürdürülebilir büyümeyi destekleyen politikalar konusunda danışmanlık yaparak dünya genelinde refah sağlamaktır. Kanıta dayalı politika analizi ve öneriler, standartlar ve küresel politika ağları aracılığıyla, OECD küresel zorluklara yönelik reformları ve çok taraflı çözümleri ilerletmeye yardımcı olmaktadır⁵.

OECD, üye ülkelerle iş birliği içinde uluslararası standartlar ve kurallar belirlemektedir. OECD'nin standartları, 1997 Yolsuzlukla Mücadele Sözleşmesi gibi yasal olarak bağlayıcı araçlardan, tüketicinin korunmasından kimyasal testlere,

⁴ <https://integratedreporting.ifrs.org/news/updated-guide-to-help-companies-use-the-integrated-reporting-framework-while-considering-ifrs-sustainability-disclosure-standards/>

⁵ <https://www.oecd.org/60-years/timeline/#selectorBlock>

sorumlu işletme davranışına ve çevrenin korunmasına kadar her konuda politika yapıcılarını en iyi uygulamaya yönlendirmek için tasarlanmış önerileri kapsamaktadır. Ülkelerin talebi ve uzlaşısı ile geliştirilen standartlar ve kurallar küresel düzeyde uluslararası iş birliğini derinleştirmeye ve tüm ülkelerin sorunları ele almasını ve kendi performanslarını iyileştirmesini teşvik etmeye yardımcı olmaktadır. OECD, son 55 yıl içinde, sözleşmeler, öneriler, kılavuzlar ve deklarasyonlar da dahil olmak üzere 450'den fazla uluslararası standart geliştirmiştir. Söz konusu standartlar, vatandaşları korumak için önemli araçlar haline gelerek, hükümetlerin zaman ve para tasarrufu yapmasını sağlamaktadır ve üye ve ortak ülkelerle iş birliği içinde sürekli olarak iyileştirilmektedir⁶.

1.3.2.4. Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi

Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler (UNGC) Sözleşmesi'nin temel hedefi, iş dünyasının küresel etkisini hızlandırmak ve ölçeklendirmek olarak ifade edilmektedir. Bu doğrultuda, İnsan Hakları, İşçi Hakları, Çevre ve Yolsuzlukla Mücadele ana başlıkları olmak üzere 10 İlke'yi benimseyen ve hesap verebilir şirketler ve değişimi mümkün kılan ekosistemler aracılığıyla Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ni (SDG'ler) gerçekleştiren şirketlerin etkisini artırmayı hedeflemektedir.

Bu hedefe ulaşmak için, Birleşmiş Milletler (BM) Küresel İlkeler Sözleşmesi işletmeler için aşağıdaki amaçları desteklemektedir:

- 10 ilkeyi işletme stratejileri ve operasyonları ile uyumlu hale getirerek sorumlu bir şekilde iş yapmaları için teşvik etmek;
- BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri gibi daha geniş toplumsal hedefleri iletirmek için iş birliği ve yenilik üzerinde vurgu yaparak stratejik eylemler almalarını desteklemek⁷.

BM Küresel İlkeler Sözleşmesi kapsamında belirlenen 10 ilke aşağıdaki gibi insan hakları, işçi hakları, çevre ve yolsuzlukla mücadele ana başlıkları altında sınıflandırılmaktadır:

⁶ <https://www.oecd.org/about/how-we-work/>

⁷ <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/mission>

İnsan Hakları

İlke 1: İşletmeler, uluslararası olarak ilan edilen insan haklarının korunmasını desteklemeli ve saygı göstermelidirler.

İlke 2: İşletmeler, insan hakları ihlallerine suç ortaklığı yapmamak için gereken önlemleri almalıdırlar.

İşçi Hakları

İlke 3: İşletmeler, örgütlenme özgürlüğünü desteklemeli ve toplu iş sözleşmesi hakkının etkili bir şekilde tanınmasını sağlamalıdırlar.

İlke 4: Tüm zorla ve zorunlu işçiliğin ortadan kaldırılmasını desteklemelidirler.

İlke 5: Çocuk işçiliğinin etkili bir şekilde ortadan kaldırılmasını desteklemelidirler.

İlke 6: İşe alım ve meslek alanında ayrımcılığın ortadan kaldırılmasını desteklemelidirler.

Çevre

İlke 7: İşletmeler, çevresel zorluklara karşı temkinli bir yaklaşımı desteklemelidirler.

İlke 8: Daha büyük çevresel sorumlulukları teşvik etmek için girişimlerde bulunmalıdırlar.

İlke 9: Çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesini ve yayılmasını teşvik etmelidirler.

Yolsuzlukla Mücadele

İlke 10: İşletmeler, rüşvet dahil olmak üzere tüm yolsuzluk biçimleriyle mücadele etmelidirler.

1.3.2.5. Karbon Saydamlık Projesi (CDP)

Karbon Saydamlık Projesi (Carbon Disclosure Project/CDP), Londra merkezli uluslararası bir sivil toplum kuruluşudur ve halka açık işletmelerin doğal kaynak

kullanımı, sınırlı kaynakların yeniden üretimi ve bu alanlardaki risk yönetimini analiz ederek raporlama için yatırımcılara aracılık etmektedir. CDP, dünya genelinde çevresel farkındalığı artırmak için iklim değişikliği, su yönetimi, ormanlar ve tedarik zinciri gibi programlar yürütmekte ve bu faaliyetleri yıllık program raporları ile kamuoyuna duyurmaktadır. CDP'nin iklim değişikliği programı ise işletmelerin sera gazı emisyonlarını azaltmalarına ve iklim değişikliği risklerini yönetmelerine yardımcı olmayı hedeflemektedir (Sultanoğlu ve Özerhan, 2020: 179).

CDP, iklim değişikliğinin hisse değeri ve ticari faaliyetler üzerindeki etkilerini azaltmayı amaçlayarak pay sahipleri ile işletmeler arasında uzun vadeli bir ilişki kurmayı hedeflemektedir. CDP Raporlaması, iklim değişikliği, su kullanımı, orman tahribatı ve tedarik zincirlerinin çevresel risklerini vurgulayan konulara odaklanmaktadır. CDP, işletmelerin küresel bir raporlama sistemine dahil olarak çevresel performanslarını ölçmelerine, yönetmelerine ve paylaşmalarına olanak tanımaktadır (Saban vd., 2017: 111).

CDP, bağımsız ve küresel bir sistem olup çevresel risklerin ölçülmesine, açıklanmasına ve yönetilmesine olanak tanımaktadır. Kar amacı gütmeyen uluslararası bir kuruluş olan CDP, halka açık şirketlerin doğal kaynakları ve doğal sermayeyi kullanma şekillerini, sınırlı kaynakların yeniden üretimini nasıl etkilediklerini ve bu alanlardaki risk yönetimlerini yatırımcılara raporlamalarına yardımcı olur. CDP, şirket raporlarını karşılaştırılabilir hale getirerek, uluslararası raporlama standartlarını ilerletmeyi hedeflemektedir (Borsa İstanbul, 2020: 55).

1.4. HAVACILIK SEKTÖRÜ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

1.4.1. Havacılık Sektörünün Genel Durumu

Küresel havacılık sektörü sadece başlı başına büyük bir sektör değil, aynı zamanda hızla büyüyen dünya ekonomisine katkı sağlayan bir unsur olarak da çok önemlidir. Yolcu taşımacılığının yanı sıra, yük taşımacılığı da uluslararası anlamda hem üretimin hem de ticaretin önemli bir parçası olarak görülmektedir (Bal vd., 2017: 354).

Havacılık, pazarları birbirine bağlayan ve uluslararası ticareti kolaylaştıran küresel ekonominin kilit bir etkinleştiricisidir. Aynı zamanda, birçok ülke için

önemli bir gelir kaynağı olan turizmin de temelini oluşturmaktadır (McManners, 2016: 87). Uluslararası ticaret ve sosyal değişim bağlamında küresel bir etkinleştirici olduğu için, ekonomi ve toplum için önemli bir endüstridir. Küreselleşmenin önemli bir itici gücü olarak, ekonomik refaha önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Müller vd., 2022: 3).

Havacılık endüstrisi son 20 yılda küresel ekonomik krizler, bölgesel siyasi istikrarsızlık, istikrarsız petrol fiyatları, sık görülen terör tehditleri ve saldırıları, ara sıra meydana gelen doğal afetler gibi çeşitli olumsuz koşullarla karşı karşıya kalmış olsa da (Nam ve Lee, 2019: 1), son 20 yılda ortalama %5 civarındaki yıllık büyüme oranıyla küresel ekonominin en hızlı büyüyen sektörlerinden biri olmuştur (Kumar vd., 2020: 2).

Çok yakın bir tarihte 2019 yılının sonlarında ortaya çıkan ve etkisi uzun süre hissedilen Covid-19 salgını, küresel anlamda havacılık sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için eşî görölmemiş bir krize sebep olmuştur (Albers ve Rundshagen, 2020:1). Havacılık endüstrisi ciddi oranda trafik düşüşü ve ekonomik kayıplarla yüzleşirken, nerdeyse durma noktasına gelmiştir (bkz. IATA, 2020). Ancak, Eurocontrol tahminleri havacılık sektörünün toparlanması adına umut verici gözükmektedir. Eurocontrol (2022) verilerine göre, toplam uçuş sayısının 2023 yılında 2019 seviyelerinin %95'ine, 2024 yılında ise %100'üne geri dönüşü beklenmektedir.

Havacılık sektörü hem ekonomik hem de sosyal açıdan topluma birçok fayda sağlamaktadır. Günümüzde hava taşımacılığının görece olarak karşılanabilirliği ve hızı, uluslararası seyahati birçok insan için erişilebilir kılmış ve yaşam tarzlarının ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir. Modern bir toplumun sorunsuz ve verimli çalışması için çok az işletme havayolu endüstrisi kadar önemlidir. Hava taşımacılığı, ticarete ve her gün uçan milyonlarca insanın seyahat ihtiyaçlarına hizmet etmek açısından yeri doldurulamaz bir rol oynamaktadır. Küresel, teknolojik olarak gelişmiş ve dinamik büyüme gösteren bir endüstridir (Flouris ve Küçük Yılmaz, 2016: 112).

1.4.1.1. Havacılık Sektörünün Ekonomik Etkisi

Havacılık sektörünün ekonomi üzerindeki etkileri doğrudan, dolaylı, uyarılmış ve katalitik etkiler olarak sınıflandırılmaktadır. Doğrudan etkiler, havacılık

sektörünün kendi faaliyeti ve sağladığı istihdam dolayısıyla ortaya çıkan etkileri ifade ederken; dolaylı etkiler, havacılık sektörü tedarikçilerinin faaliyet ve istihdamı sonucu ortaya çıkan etkiler olarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte, uyarılmış etkiler; havacılık sektöründe doğrudan ya da dolaylı olarak istihdam edilenlerin harcamaları dolayısıyla ortaya çıkan etkidir. Katalitik etkiler ise doğrudan ya da dolaylı etkilerin ötesinde, havacılığın diğer sektörlerin performansını ne ölçüde arttırdığına ilişkin etkisini ifade etmektir (Bal vd., 2017: 355).

Covid-19 krizi öncesinde 2019 yılında havacılık sektörü aracılığıyla dünya genelinde 4,5 milyar yolcu taşınırken; 87,7 milyon kişiye istihdam sağlanmıştır. 2018 yılında havacılık sektörünün küresel ekonomiye katkısı dünya ekonomik faaliyetinin %4,1'ini temsil eden 3.5 trilyon \$ olarak gözlenmiştir. Bununla birlikte, yine 2018 yılında 1478 ticari havayolu tarafından dünya çapında ticaretin %35'ini temsil eden 6,5 trilyon \$ değerinde yük taşınmıştır (ATAG, 2020).

1.4.1.2. Havacılık Sektörünün Sosyal ve Çevresel Etkisi

Havacılık sektörünün büyümesi topluma önemli ekonomik faydalar sağlarken, aynı zamanda daha büyük olumlu ve olumsuz sosyal ve olumsuz çevresel etkilere sahiptir (Walker ve Cook, 2009: 378). Ekonomik fırsatlar, yerel ve bölgesel düzeyde sosyal refahı artırırken, insanların yaşam standartlarını ve yaşam tarzlarını olumlu yönde etkilemektedir. Havacılık endüstrisi, farklı ülke ve kültürleri birbirine bağlamaya yardımcı olan bir toplu taşıma aracı olarak hizmet vermektedir. Bu durum, kültürel farkındalığı teşvik ederken çok kültürlü işbirliğini artırmaktadır. Ayrıca havacılık, insanların başka türlü erişilemeyecek yerlere ulaşmasını sağlayarak, gerekli yiyecek ve hizmetlerin temin edilmesini kolaylaştırmaktadır (Müller vd., 2022: 7).

Sosyal açıdan olumsuz yönler ise, gürültünün havaalanlarının yakınında yaşayan insanların refahı üzerindeki etkilerini içermektedir. Gürültünün bireyler üzerinde hem tıbbi hem de psikolojik olmak üzere çeşitli sağlık etkileri olabilmektedir. Bununla birlikte, havacılığın doğal çevre üzerinde yadsınamaz bir etkisi vardır. Ekolojik alt sistem, diğer alt sistemlerden farklı olarak havacılıktan daha çok olumsuz etkilenmektedir. Havacılığın küresel çevresel etkileri, atmosfere ve dolayısıyla tüm dünyaya olan etkilerini içermektedir (Müller vd., 2022: 8). Havacılığın uçak gürültüsü, yerel hava kirliliği, su kullanımı ve kirliliği, atık üretimi,

habitat değişikliği ve tahribatı dahil olmak üzere önemli yerel çevresel etkileri yanında ayrıca iklim değişikliği gibi küresel endişe yaratan etkileri mevcuttur (Payán-Sánchez vd., 2018: 540).

Küresel anlamda havacılık endüstrisi şu anda insan kaynaklı CO₂ emisyonlarının %1-2'sinden sorumlu olarak kabul edilmektedir (Eisenhut vd., 2021:1; Kumar vd., 2020: 2; Köse, 2020: 16; ATAG, 2020). Bununla birlikte, 1990 ve 2019 yılları arasında uluslararası havacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyon seviyesi 2,5 kat artarak endişe verici derecede yüksek bir büyüme oranı göstermiştir. Covid-19 krizi sonrası tahminlerine göre, havayolu işletmelerinin çevre koruma çabalarının yetersiz kalması halinde, uluslararası havacılığın 2050 yılına kadar 1,5 milyar ton CO₂ salınımına neden olması beklenmektedir. 2019 ve 2050 arasında, yalnızca Çin'de CO₂ emisyon seviyelerinin üç katına çıkacağı ve 2050 yılına kadar 371,6 milyon mt CO₂ emisyonuna ulaşacağı tahmin edilmektedir (Burgueño Salas, 2022).

1.4.2. Havacılık Sektörü ve Sürdürülebilirlik

Havacılık sektörünün genişlemesi, ekonomilere önemli faydalar sağlasa da, bu büyümenin yerel topluluklar ve çevre üzerindeki potansiyel etkileri kamuoyunda artan endişelere neden olmaktadır. Bu durum, havacılığın sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerini ele alan ve gelişim sürecinde olan 'sürdürülebilir havacılık' politikalarının gündeme gelmesine yol açmıştır (Walker ve Cook, 2009: 378).

Havayolu sektörünün hem yolcu hem de kargo taşımacılığı açısından sektördeki büyümesi daha fazla yakıt tüketimi, daha fazla tehlikeli atık ve daha fazla gürültü anlamına gelmektedir. Sektörün uluslararası doğası gereği, bu olumsuz sonuçlar şirketlerin kendi ülkeleri ile sınırlı kalmayıp diğer ülkelere de yayılarak küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır. Havacılık endüstrisindeki bu endişeler, sektörel kuruluşların (örneğin Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü) enerji kullanımı ve sürdürülebilir bir çevrenin geliştirilmesi için standartlar ve önerilen uygulamalar geliştirmesine ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin geleceğe yönelik beklentiler önermesine neden olmuştur. Ayrıca havacılık sektörü, çevre sorunlarının yanı sıra uluslararası yolculara hizmet vermesi, geniş ve çeşitli çalışan gruplarını istihdam etmesi nedeniyle insan hayatı ve güvenliği konularının merkezinde yer almaktadır. Bu nedenle, ekonomik sürdürülebilirlik yanında çevresel ve sosyal

sürdürülebilirlik de endüstri için son derece önemlidir (Karaman vd., 2018: 363; Kılıç vd., 2019: 55).

Bir başka önemli nokta ise iklim değişikliğinin havacılık endüstrisi üzerindeki etkileridir. Havacılık endüstrisi iklim değişikliğini olumsuz yönde etkilerken aynı zamanda değişen iklim koşulları da havacılık endüstrisi üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Havacılık için en büyük sorun havadaki değişikliklerle ilgilidir. Daha şiddetli ve sık hava olayları, havayolları, havalimanları ve dolayısıyla diğer paydaşlar üzerinde geniş kapsamlı bir etkiye sahiptir. Havayolları, şiddetli türbülans ve yıldırım çarpması durumunda pilotların ek eğitime ihtiyaç duymasından kaçınmak için güvenlik, rota ve hava tahmini ve rotalarda operasyonel ayarlamalar konusunda zorluklarla karşı karşıyadır. Ayrıca, güçlü kısa süreli fırtınalar havalimanlarının kapanmasına neden olabilir ve bu da havayolları, yolcular ve hava trafik kontrolü üzerinde geniş kapsamlı etkilere sahiptir (Müller vd., 2022: 18)

Bu sebeple, havacılığın, tüm endüstri tehlikeye girmeden önce riskleri önleme açısından iklim değişikliğinin azaltılmasına aktif olarak katkıda bulunabileceği ifade edilebilir (Müller vd., 2022: 18). Dolayısıyla, iklim değişikliğiyle mücadele halen birinci öncelik olarak kalmaktadır. Bu sorun, yalnızca havayollarını ve paydaşlarını değil, aynı zamanda tedarik zinciri ortaklarını ve diğer bağlı endüstrilerin ekonomik gelişimini de etkilemektedir. Ayrıca, küresel ekonominin, toplumun ve çevrenin kademeli etkileri bulunmaktadır (Kuo vd., 2021: 1).

Havacılık sektörünün sürdürülebilirliği giderek daha büyük önem kazanmaktadır. Uçak sayısının artması ve uluslararası politik faktörler ile çatışmalar gibi etkenler, yakıt tüketimini ve dolayısıyla havayollarının maliyetlerini artırmaktadır. Bu nedenle havacılık endüstrisi, 1970'lerden bu yana sürdürülebilirlik konusunda öncü rol oynamaktadır. Örneğin, uçak motorlarının gürültü seviyeleri 20 desibel azalırken, yakıt tüketimi son 40 yılda %70 oranında azaltılmıştır. Ayrıca sektör, dijital dönüşümde liderliği üstlenmiş ve biletlerden bakım belgelerine kadar kağıt israfını minimuma indirmiştir. Ancak hala uçak rotaları, bekleme süreleri, havalimanı zaman kayıpları ve yetersiz trafik kontrolü gibi bazı sorunlar devam etmektedir. Tüm bu çabalara rağmen fosil yakıt tüketimi artmaya devam etmekte ve CO₂ emisyonları hedeflenen düzeylere indirilememektedir. Bu nedenle, yeni yakıt

türlerinin araştırılması ve uygulanması önemini korumaktadır (Torum ve Küçük Yılmaz, 2009: 50).

Sektörün büyümeye ve çevresel etkiye katkısının farkında olarak, havacılık endüstrilerinin sürdürülebilirlik tartışmasının ön saflarında yer alması şaşırtıcı değildir. Bu durum, sektördeki kilit aktörlerin neden kurumsal çevresel/sosyal sürdürülebilirlik raporları yayınlarak proaktif bir duruş sergilemeye çalıştıklarını açıklamaktadır (Hooper ve Greenall, 2005: 156).

Havacılık endüstrisinde çevresel sürdürülebilirlik söz konusu olduğunda havayolları kilit bir rol oynamaktadır (Müller vd., 2022: 13). Havayolları için en önemli zorluk, büyüme ile sürdürülebilir kalkınmanın dengelenmesinde yatmaktadır. Havayolları fırsatlardan yararlanarak ekonomik büyüme ve istihdam yaratma gibi temel ticari sorumluluklarını yerine getirmektedir (Lutte ve Bartle, 2017: 324).

Hava taşımacılığı sektörü, müşterilerinin artan taleplerini sürdürülebilir bir şekilde karşılamayı, ekonomik ilerlemeyi, sosyal kalkınmayı ve çevresel sorumluluğu dengelemeyi hedeflemektedir. Son yıllarda, havacılık endüstrisi çevresel etkisini azaltmak için yeni teknolojiler geliştirmiş ve belirli çalışma yöntemlerini benimsemiştir (Flouris ve Küçük Yılmaz, 2016: 112). Örneğin, Lufthansa Group ve British Airways, 1980'lerden beri sürdürülebilirlik ve sorumluluk inisiyatifleri uygulamışlardır. Swiss Air, 2003-2018 yılları arasında verimlilik önlemleriyle yakıt tüketimini %29 oranında azaltmayı başarmış ve yıllık yakıt verimliliği iyileştirme hedefi olan %1,5'i aşmıştır. Genç filolara sahip havayolları, yakıt verimliliği konusunda avantajlıdır. Örneğin, Emirates, genç uçak modellerinin bir tasarım yeniliği olan winglet'lerle verimliliklerini %3-4 oranında artırmıştır. Lufthansa Grubu, 2011'den bu yana biyoyakıtları kullanmaktadır; Qatar Airways ve Etihad Airways ise biyoyakıt araştırma ve geliştirme girişimleri başlatmışlardır (Müller vd., 2022: 113).

Havacılık endüstrisindeki faaliyet gösteren işletmeler, ulaşım hedefleri olan erişilebilirlik, güvenlik ve gelişmiş hareketlilik ile sürdürülebilirlik boyutları arasında bir denge kurmak zorundadır. Çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlar bazen birbiriyle çatışabilir. Bu nedenle, havayolu ve havalimanı işletmeleri, sürdürülebilirliği artırmak için yeni teknolojiler geliştirme ve operasyonları iyileştirme konusunda uygun politikalar benimsemelidir. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerini

gerçekleřtirmek için iřletmelere önemli sorumluluklar dūřmektedir. Ayrıca, sosyal ve vresel deęerleri iř faaliyetlerine ve kurumsal sosyal sorumluluk çerçevesinde paydařlarla olan etkileřimlerine de dahil etmelidirler (Köse, 2020: 5).



İKİNCİ BÖLÜM

2. KURUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİR PERFORMANS YÖNETİMİ

2.1. PERFORMANS KAVRAMI

Performans kelimesinin sözlük anlamı “herhangi bir eseri, işi vb. ortaya koyarken gösterilen başarı; başarı” olarak ifade edilmektedir. Ancak performans birçok farklı anlamda kullanılabilir; bilim açısından performans ile ilgili çağrışımlar disiplinlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin psikoloji, sosyal bilimler ve yönetim bilimleri daha çok bireysel, toplumsal veya organizasyonel ve sistem performansına bağlı olarak farklı tanımlar kullanmaktadır (Van Dooren vd., 2015: 2).

İş performansı, çalışanların katıldığı veya ortaya koyduğu, örgütsel hedeflerle bağlantılı ve katkıda bulunan ölçeklenebilir eylemler, davranışlar ve sonuçları ifade etmektedir (Viswesvaran ve Ones, 2000: 216). İşletmeler için performans, hedeflere ulaşmak için planlanan tüm çabaların ve sonuçların niteliksel veya niceliksel değerlendirmesidir (Kocaman, 2017: 58). Hedeflere ulaşma sürecinde kullanılan kaynakların ve süreçte rol alan kişilerin ayrı ayrı performansları ilgili kurumun çıktılarına ve dolayısıyla da kurumsal performans düzeyine etki etmektedir (Başaran, 2011: 5).

Performans, temel olarak işletmeye ve duruma özgü kısıtlamalar dahilinde belirtilen hedeflere zamanında ulaşılmasını sağlayan nedensel modellerin bileşenlerinin iyi bir şekilde konuşlandırılması ve yönetilmesiyle ilgilidir. Bu nedenle performans duruma ve karar vericiye özeldir (Lebas, 1995: 29). Sonuç olarak, işletme performansı, işletmenin stratejilerin uygulanması ve sonuçlarıyla hedeflere ulaşma derecesini yani başarı düzeyini ifade etmektedir (Porter, 1991: 96).

2.2. PERFORMANS ÖLÇÜMÜ ve YÖNETİMİ

İşletmelerin başarıya yönelik stratejilerini dikkatli bir şekilde tasarlamaları, hedefler oluşturmaları, belirtilen hedeflere ulaşmayı sağlayacak doğru kararlar alarak faaliyetleri yürütmeleri, iş süreçleri hedeflerine doğru ilerlerken sonuçlarını izlemeleri ve gerekli iyileştirmeleri tespit etmeleri gerekmektedir. Bu nedenle,

performans ölçümü ve yönetimine olan ilgi, son yıllarda tüm sektörlerdeki işletmeler arasında önemli ölçüde artmaktadır (Taticchi vd., 2012: 41).

Bir performans ölçüm sistemi, eylemlerin hem verimliliğini hem de etkililiğini ölçmek için kullanılan bir dizi ölçüm olarak tanımlanmaktadır (Boirwais, 2019: 50). Verimlilik, bir sürecin verimliliği ve kaynakların kullanımı ile ilgili ölçümlere odaklanırken, çıktı ile girdinin karşılaştırılması kavramına dayanmaktadır. Etkililik ise daha geniş bir dizi önlem üzerine odaklanarak süreç çıktılarının uygunluğu kavramına dayanmaktadır (Radnor ve Barnes, 2007: 385).

Performans ölçümünün amacı, kuruluşların veya bireylerin hedeflerine ve stratejilerine ulaşmada ne kadar başarılı olduklarını belirlemektir. Bunu başarmak için, organizasyonel stratejik ve operasyonel süreçlerin çıktıları, bir organizasyonun 'hayati belirtilerini' izlemek için çeşitli göstergelere dayalı olarak ölçülmektedir (Kagioglou vd., 2001: 85).

Performans ölçümü, iyileştirmelerin herhangi bir zamanda, sürecin neresinde en uygun olduğuna karar vermek için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Performans ölçüm sistemi stratejik manevra yapmak, organizasyonun günlük işleyişi, iyileştirme ve değişikliklerin planlanması ve uygulanması için kullanılmaktadır (Chirumalla vd., 2013: 149).

Performans ölçümü ve yönetimi, kuruluşun misyonunun, stratejisinin ve hedeflerinin sistematik olarak tanımlanması yoluyla organizasyonun yönlendirildiği ve bunları kritik başarı faktörleri ve temel performans göstergeleri aracılığıyla ölçülebilir hale getiren süreç olarak tanımlanmaktadır (Waal ve Kourtit, 2013: 446).

Performans ölçüm ve yönetim sistemi, ilgili bilgileri bir araya getirerek, detaylandırarak ve analiz ederek karar verme süreçlerinin desteklenmesini kolaylaştıran dengeli ve dinamik bir sistemdir (Taticchi vd., 2012: 42). Kurumsal performans yönetimi, kuruluşa özgün strateji ve planların oluşturulmasından iş sonuçlarına dönüşmesine kadar bütün süreçleri kapsayan ve bunları teknolojik bir alt yapı ile ilişkilendiren bir performans şemsiyesi olarak kabul edilebilir (Hanağası, 2021: 21).

Performans yönetimi süreci, bir şirketin kurumsal ve fonksiyonel stratejilerini doğru yönetmek amacıyla performansını değerlendirdiği süreçtir. Bu sürecin temel

hedefi, kurumsal ve fonksiyonel stratejilerin tüm iş süreçlerine, faaliyetlere, görevlere ve personele entegre edildiği ve yönetim kararlarının alınabilmesi için geri bildirimin sürekli olarak toplandığı proaktif bir kapalı döngü kontrol sistemi sağlamaktır (Bititci vd., 1997: 47).

2.3. PERFORMANS YÖNETİMİ VE BİLGİ YÖNETİM SİSTEMLERİ

İşletmeler sürekli olarak ürün ve süreçlerinde iyileştirmeler yapmakta ve yeni bilgiler edinmektedirler. Bu sürekli değişen, yenilikçi ve dinamik süreci ölçmek, statik bir faaliyeti ölçmekten çok daha karmaşıktır. Dolayısıyla, son yıllarda performansın ve yeniliğin değerini doğru şekilde ölçmek, yöneticiler ve idareciler için öncelikli bir konu haline gelmiştir (Zizlavsky, 2014: 211).

Basit haliyle örgütsel performans, örgütsel hedeflerin gerçekleştirilmesidir (Abubakar vd., 2019: 104). Performans yönetimi süreci ise, bir kuruluşun performansını yönetmek için çeşitli sistemleri nasıl kullandığını tanımlamaktadır. Performans yönetimi sürecinin merkezinde geri bildirim sistemini mümkün kılan bir bilgi sistemi bulunmaktadır. Bu bilgi sistemi, ilgili sistemlerden gelen tüm ilgili bilgilerin entegre edilmesi gereken performans ölçüm sistemidir (Bititci vd., 1997: 47).

Bilgi, örgütlerin rekabet avantajını yakalaması ve sürdürmesi için önemli bir başarı faktörü olarak algılanmaktadır (Ha vd., 2016: 185). Örgütsel bilgi, eylemlerle eşit derecede ilişkilidir ve aynı zamanda şirket içinde bilgi ve sosyal etkileşim yoluyla yaratılırken gelişim potansiyeli sağlar (Almashari vd., 2002: 74). Bununla birlikte, organizasyon içinde uygun bir yönetim olmadığı takdirde bilgi kolayca eskimiş ve işe yaramaz hale gelebilir. Bu nedenle bir kuruluşun bilgi varlıklarını daha iyi yönetebilmesi için bir dizi süreç veya prosedür geliştirmesi çok önemlidir (Ha vd., 2016: 185).

Modern ortamda bilgi yönetiminin önemi büyük ölçüde artmıştır. Günümüzde oldukça dinamik bir ortamda yaşıyoruz, şirketler geçmiş verileri kullanarak yeni inovasyonlar ve yönetim stratejileri geliştiriyorlar (Davenport vd., 2007: 185). Bilginin artan önemi, işletmeleri diğer yönetim uygulamalarından bilgi yönetimine geçmeye motive etmiştir. Bilgi yönetimi, bilginin iç veya dış organizasyondan elde edilmesi, yeni strateji veya fikre dönüştürülmesi, uygulanması ve korunması gibi

bilgiyi yönetme yeteneği olarak kabul edilmektedir (Ha vd., 2016: 185). Bu nedenle, bilgi ortamının kontrolü, organizasyonun stratejik amaçlarla kontrolüne eşit olarak görülmektedir (Taylor ve Farrell, 1992: 319).

Bilgi yönetiminin rekabet avantajı yaratma potansiyeli organizasyonel performansla pozitif olarak bağlantılıdır (McKeen vd., 2006: 3). Bilgi yönetimi süreçleri, inovasyon, işbirliğine dayalı karar alma, bireysel ve kolektif öğrenme gibi organizasyonel süreçleri önemli ölçüde etkiler/iyileştirir. Geliştirilmiş organizasyonel süreçler, daha iyi kararlar, organizasyonel davranışlar, ürünler, hizmetler ve ilişkiler gibi ara sonuçları ortaya çıkarır. Bunlar da organizasyonel performansın artmasını sağlayacaktır (Ahmad vd., 2015: 862).

2.4. DENGELİ PUAN KARTI

Dengeli Puan Kartı (Balanced Scorecard/BSC) yaklaşımı, 1990'ların başında Harvard Business School'dan Kaplan ve Norton'un çalışmaları sayesinde ortaya çıkmış ve iş dünyasının en popüler araçlarından biri haline gelmiştir (Mackrell vd., 2011: 4; Kang vd., 2015: 126; Nørreklit, 2003: 591).

Gminder ve Bieker (2002: 4)'a göre Kaplan ve Norton, Dengeli Puan Kartı'nı tasarlarlarken, bilgi teknolojisi ve küresel pazarlar çağında değişen rekabet koşullarıyla karşı karşıya kalan şirketlerin, rekabetçi kalabilmek için belirli finansal yönetim ve kontrol sistemlerine ihtiyaç duyduklarını savunmuşlardır. Bilgi çağının zorluklarını daha iyi ele almak için Kaplan ve Norton, daha "geleneksel" finansal göstergelerin yanı sıra müşteri memnuniyeti, süreç kalitesi ve organizasyonel gelişim gibi soyut yönleri dahil etmek için dengeli puan kartı yaklaşımını geliştirmişlerdir.

İşletmeler finansal performans için geleneksel olarak finansal tablolar gibi nicel raporlama mekanizmalarını kullanmıştır. Ancak zamanla finansal raporların sadece geçmiş performansı ölçtüğü ve uzun vadeli ve gelecekteki değeri ortaya çıkarma gücünün sınırlı olduğu gözlenmiştir (Mackrell vd., 2011: 4). Bu bağlamda, dengeli puan kartı yaklaşımı şirket başarısı için nihai sonuç ölçütleri olarak finansal ölçütleri korurken, bunları, uzun vadeli hissedar değeri yaratmanın itici güçleri olarak önerilen üç ek perspektiften (müşteri, içsel süreç ve öğrenme ve büyüme) ölçütlerle tamamlamaktadır (Kaplan, 2009: 1253).

Dengeli puan kartı yaklaşımı, kritik başarı faktörleriyle ifade edilen stratejinin gerçekleştirilmesine temel oluşturan bir eylem planı işlevi görmektedir. İşletmenin vizyon ve stratejisini finansal ve finansal olmayan ölçümlerin kullanıldığı dört perspektifte sınıflandırmaktadır (Ayvaz ve Pehlivanlı, 2011: 147).

2.4.1. Dengeli Puan Kartı'nın Boyutları

Dengeli puan kartı bir şirketin stratejik performansını dört perspektiften ölçtüğü için “dengeli” olarak ifade edilmektedir (Mackrell vd., 2011: 4). Dengeli puan kartının dört perspektife odaklanan çerçevesini; finansal perspektif, müşteri perspektifi, iç süreçler perspektifi ile öğrenme ve büyüme perspektifi oluşturmaktadır. Dengeli puan kartının başarısı, şirketin gelecekteki karlılığı için söz konusu olan değer sürücülerine odaklanmasında yatmaktadır (Kaplan ve Norton, 1996; Gminder ve Bieker, 2002: 4; Nikolaou ve Tsalis, 2013: 79; Mackrell vd., 2011: 4).

2.4.1.1. Finansal Boyut

Finansal perspektif, şirketin genel finansal alanını incelemektedir. Bir şirketin mali durumunu aynı anda değerlendiren ölçümler kullanarak planlanan mali hedeflerin (örneğin gelir miktarı, sermayenin geri dönüşü) uygulanmasının izlenmesini sağlamaktadır (Tubis ve Werbińska-Wojciechowska, 2017: 539). Finansal performans göstergeleri, bir şirketin stratejisinin uygulamasının ve yürütülmesinin, kârlılığın iyileştirilmesine katkıda bulunup bulunmadığını göstermektedir. Finansal göstergeler temel olarak işletme geliri, kullanılan sermayenin getirisi veya kârlılıkla ilgili iken, alternatif finansal göstergeler hızlı satış büyümesi veya nakit akışı oluşturmak olabilmektedir (Kaplan ve Norton, 1996).

2.4.1.2. Müşteri Boyutu

Müşteri boyutu, şirketin mevcut pazar konumunu belirlemeye yardımcı olurken müşteri memnuniyetini de değerlendirmektedir (Tubis ve Werbińska-Wojciechowska, 2017: 539). Müşteri boyutunda yöneticiler, iş biriminin rekabet edeceği müşteri/pazar segmentlerini ve iş biriminin bu hedeflenen segmentlerdeki performansının ölçütlerini belirlemektedirler. Temel sonuç ölçütleri arasında müşteri memnuniyeti, müşteriye elde tutma, yeni müşteri kazanımı, müşteri karlılığı ve

hedeflenen segmentlerdeki pazar payı yer almaktadır. Ancak müşteri perspektifi, şirketin hedeflenen pazar segmentlerindeki müşterilere sunacağı değer tekliflerinin belirli ölçülerini de içermelidir. Müşteri perspektifi, iş birimi yöneticilerinin gelecekte üstün mali getiriler sağlayacak müşteri ve pazar temelli stratejiyi ifade etmelerini sağlamaktadır (Kaplan ve Norton, 1996).

2.4.1.3. İçsel Süreçler Boyutu

İçsel süreç boyutunda, yöneticiler, organizasyonun mükemmel olması gereken kritik iç süreçlerini tanımlamaktadır. Bu süreçler, iş biriminin hedeflenen pazar segmentlerindeki müşterileri çekecek ve elde tutacak değer tekliflerini sunarak hissedarların mükemmel mali getiri beklentilerini karşılamasını sağlayacaktır. İçsel süreç ölçümleri, müşteri memnuniyeti ve bir kuruluşun finansal hedeflerine ulaşması üzerinde en büyük etkiye sahip olacak iç iş süreçlere odaklanmaktadır. Başka bir deyişle, bir kuruluşun stratejisinin başarılı olması için en kritik olan ve birçoğu şu anda hiç gerçekleştirilmemiş olabilecek süreçleri vurgulamaktadır (Kaplan ve Norton, 1996).

2.4.1.4. Öğrenme ve Büyüme Boyutu

Öğrenme ve büyüme boyutu, şirketin yenilikçi değişiklikler için uygunluğunu incelemektedir. Şirketin sahip olduğu veya almayı planladığı kaynaklara yatırım yaparak büyüme fırsatlarını bulmasına ve kullanmasına olanak tanımaktadır (Tubis ve Werbińska-Wojciechowska, 2017: 539). Başka bir deyişle, bir kuruluşun uzun vadeli büyüme ve gelişme sağlamak için inşa etmesi gereken altyapıyı tanımlamaktadır. İş sürecinde oluşabilecek boşlukları kapatmak için işletmelerin çalışanlarına yeniden beceri kazandırmaya, bilgi teknolojisi ve sistemlerini geliştirmeye ve organizasyonel prosedürler ile rutinleri uyumlu hale getirmeye yatırım yapması gerekmektedir (Kaplan ve Norton, 1996).

Dengeli puan kartının benzersiz özelliği, bir strateji haritasına yerleştirilmiş boyutlar arasındaki nedensellik ilişkisidir. Dengeli puan kartındaki tüm boyutlar, çalışanlardan başlayıp iş süreçleri ve müşteriler boyunca devam eden ve sonunda daha iyi finansal performansa yol açan neden-sonuç ilişkileriyle birbirine bağlıdır. Öğrenme ve büyüme, iç süreçler ve müşteriler boyutları, etkileri mali boyuta yansıdığı için öncü göstergeler olarak tanımlanmaktadır. Dengeli puan kartı boyutları

söz konusu boyutlarla sınırlı olmayıp iş stratejileri ve hedeflerine daha uygun ve bunlarla uyumlu hale getirmek için artırılabilmekte veya azaltılabilmektedir (Kang vd., 2015: 126).

2.4.2. Dengeli Puan Kartı'nın İşletmelere Sağladığı Faydalar

Dengeli puan kartı yaklaşımı, stratejik yönetim ve performans yönetimi tarihindeki önemli yeniliklerden hatta yirminci yüzyılın en etkili fikirlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Dengeli puan kartı, endüstri fark etmeksizin küresel olarak, stratejik yönetim kararlarını desteklemek ve yönetim ekipleri arasında bilgi paylaşımını kolaylaştırmak amacıyla uygulanmaktadır (Supino vd., 2019: 1883).

Geleneksel performans ölçüm sistemlerinden farklı olarak, dengeli puan kartı işletmenin hem finansal hem de finansal olmayan yönlerini dengeli bir şekilde kapsamaktadır. Bu durum, işletmelerin çekirdek iş alanlarında elde edilen sonuçları ve strateji uygulamasına yönelik ilerlemelerini aynı anda değerlendirmelerine olanak tanımaktadır (Bianchi ve Montemaggiore, 2008: 177). Quesado vd. (2018: 190), dengeli puan kartının işletmelere sağladığı faydaları aşağıdaki gibi belirtmektedir:

- Dengeli puan kartı, işletmelere bir iş modeli oluşturmak ve bunu göstergelere çevirmek konusunda yardımcı olmaktadır. Dengeli puan kartı, söz konusu iş modelini nasıl başaracakları konusunda sadece üst yönetim için değil, aynı zamanda şirket genelinde fikir birliği sağlamayı kolaylaştırmaktadır.
- Dengeli puan kartı, işletmenin günlük eylemlerinin sadece kısa vadeli etkilerini değil, aynı zamanda uzun vadeli etkilerini de açıklamaktadır.
- Dengeli puan kartı şirketin planlarını iletme, çabaları bir yöne yönlendirmek ve dağınıklığı önlemek için kullanılabilir.
- Dengeli puan kartı iş hakkında bilgi edinmek için bir araç olarak da kullanılabilir. Planlar ile mevcut sonuçlar arasındaki karşılaştırma, yönetim ekibine stratejiyi ve eylem planlarını yeniden değerlendirme ve ayarlama konusunda yardımcı olmaktadır.
- Dengeli puan kartı, hedeflere ve kurumsal stratejilere destek olmaktadır; önlemler stratejiye yöneliktir.

- Dengeli puan kartı sistematik kavramlara dayalı yapı ve prosedürler sunarak; tüm organizasyonel düzeyler için önlemleri tanımlayan, yapılandırılmış modeli ile operasyonel esneklik sunmaktadır.

2.4.3. Dengeli Puan Kartı'nın Kısıtlılıkları

Dengeli puan kartı, geleneksel performans ölçüm sistemlerinin yalnızca finansal ölçümlere odaklanan kısıtlamalarını aşmak amacıyla ortaya çıkmıştır. Dengeli puan kartı yaklaşımı, performansı yönlendiren unsurlar ve sonuç ölçütleri göstergelerinin karışımını; finansal ve finansal olmayan ölçümleri içermektedir (Capelo ve Dias, 2009: 2).

Dengeli puan kartı, hızlı bir şekilde benimsenerek özel, kamu ve kar amacı gütmeyen sektörlerde örgütsel performans ölçümü ve yönetiminde önde gelen bir yaklaşım haline gelmiştir. Son yılların en başarılı ve dayanıklı yönetim kavramlarından biri olarak kabul edilmektedir (Zhang ve Gao, 2008: 1159). Ancak, dengeli puan kartı teorisinin işletmelere sağladığı faydaların yanında bazı kısıtlılıkları da mevcuttur.

Dengeli puan kartındaki nedensellik kavramı yeterince açıklanmamış ve belirsiz olarak görülmektedir. Nørreklit (2000: 73–74), dengeli puan kartındaki bağlantıların daha çok mantıksal olduğunu öne sürmüş, nedensel olmadığını iddia etmiştir. Dengeli puan kartındaki bu belirsizlikler, uyumsuz stratejilere ve operasyonel eylemlere zemin hazırlayabilecektir (Barnabè, 2011: 452; Hristov vd., 2024: 2). Ayrıca, tek yönlü nedensel ilişkiler yerine, ilişkinin daha çok karşılıklı bağımlılık, iki yönlü nedensellik olduğu düşünülmektedir (Zhang ve Li, 2008:1).

Dengeli puan kartının nedensel ilişkiler arasındaki zaman gecikmelerini yakalayamaması da bir kısıtlılık olarak kabul edilmektedir. Dengeli puan kartı, nedenin ve sonucun eş zamanlı olarak meydana geldiğini kabul etmektedir. Ancak iş dünyasında, yeni bir stratejik girişimin veya politikanın şirketin performansını zaman içinde aynı şekilde etkilemesi olası değildir; kısa ve uzun vadede tamamen farklı sonuçlar doğurabilecektir. Dolayısıyla, dengeli puan kartı bu yönüyle, yöneticileri stratejinin ilerlemesi ve herhangi bir stratejik girişimin beklenen sonuçları konusunda yanlış algılara yönlendirebilecektir (Tsalis vd., 2015: 285).

Dengeli puan kartı yaklaşımının herhangi bir doğrulama mekanizması mevcut değildir; belirlenen ölçümlerin geçerliliğini sürdürmek için bir mekanizma sağlamamaktadır. Ayrıca, performans ölçümünü iki yönlü bir süreç olarak tanımlayamadığı için strateji ile operasyonlar arasında yetersiz bağlantılar sunmaktadır. Yukarıdan aşağıya doğru, hiyerarşik olarak performans ölçümüne odaklandığı için bu durumun operasyonel düzeydeki ölçümler arasında entegrasyon eksikliğine neden olduğu düşünülmektedir (Akkermans ve van Oorschot, 2002: 934).

Dengeli puan kartı yaklaşımı, sistemin içinde var olan dinamiklerin etkisini doğru bir şekilde değerlendirememektedir (Zandieh vd., 2020: 110; Khanmohammadi vd., 2022: 900). Stratejiyi uygulayan işletmelerin zamana bağlı olarak değişen dinamik performansını yeterince yansıtamayan, genellikle statik bir performans değerlendirmesi üzerine odaklanmış bir yönetim aracıdır. İşletmenin mevcut performansına bir bakış açısı sunarken işletmenin gelecekteki performansını ortaya koymamaktadır. Bu nedenle, bu statik değerlendirme karar vericilere sadece işletmenin mevcut durumunu gösterirken, işletmenin gelecekteki gelişimini tahmin edememektedir (Zhang, 2012: 76).

Dengeli puan kartı alternatif senaryo analizleri yapmak ve olası stratejik girişimlerin sonuçlarını öngörmek için uygun olmayan nitel bir yaklaşımdır. Ancak, yöneticilerin karmaşık ortamlarda karar alma sürecini destekleyen çeşitli stratejik senaryoları test etmelerine ve doğrulamalarına olanak tanıyan bir stratejik karar aracına ihtiyaçları vardır. Geleneksel dengeli puan kartı yaklaşımı, yönetim ekibinin kurumsal performansının uzun vadeli ilerlemesini öngörmelerine izin vermemektedir (Barnabè, 2011: 451).

Bir dengeli puan kartı oluşturulmuş ve kurumsal performansı tam olarak yansıtan tüm göstergeler seçilmiş olsa bile, yöneticiler karar verme sürecinde zorluklarla karşılaşabilirler. Bilişsel sınırlamalar nedeniyle insan kararları, mevcut bilginin küçük bir kısmına dayandığı için diğer önemli bilgileri göz ardı etmektedir. Ayrıca, insanlar baskı altında olduklarında ek bilgileri dikkate alma veya değerlendirme yeteneğine sahip değildirler. Bu nedenle, yöneticiler önlemler arasındaki dinamik ilişkilerin tam anlamıyla farkına varamazlar, gecikmiş geri bildirimlerin etkilerini ve kurumsal kaynakların ve kapasitenin kısıtlamalarını göz

önünde bulunduramazlar. Sonuç olarak, kararları eksik olacak ve kurumsal davranışın değerlendirmesi yetersiz kalacaktır (Tsalis vd., 2015: 286).

2.5. SÜRDÜRÜLEBİLİR DENGELİ PUAN KARTI

Genel olarak, dengeli puan kartı, firmaların stratejik yönetim hedeflerine ulaşmalarını kolaylaştıran; finansal ve yönetim performanslarıyla ilgili nicel sonuçlar sağlayan, etkili bir araç olarak kabul edilmektedir (Nikolaou ve Tsalis, 2013: 79). Ancak, dengeli puan kartı yaklaşımı, yalnızca hissedarlar (finansal performans), müşteriler (müşteri ilişkileri), ve çalışanlar (içsel iş süreçleri, öğrenme ve büyüme gibi) gibi üç pazar paydaşına odaklanırken, çevresel ve sosyal konular gibi diğer önemli pazar dışı paydaşları ihmal ettiği için eleştirilere maruz kalmıştır. Bu eleştirilerin bir sonucu olarak, çevresel ve sosyal yönleri de içerecek şekilde yaklaşım genişletilerek, Sürdürülebilir Dengeli Puan Kartı (Sustainability Balanced Scorecard/SBSC) geliştirilmiştir. Bu yeni yaklaşım, bir firmanın iş stratejilerine çevresel ve sosyal boyutları stratejik olarak entegre etmeyi amaçlamaktadır (Kang vd., 2015: 126).

Sürdürülebilir dengeli puan kartı, geleneksel dengeli puan kartı yaklaşımını temel alırken sürdürülebilirliğin üç boyutunu da entegre ederek daha geniş bir kapsam sağlamaktadır. Dolayısıyla, farklı bir içeriğe ve farklı bir yapıya sahiptir. Geleneksel dengeli puan kartının dört perspektifine ek olarak, paydaş konularını açıkça ele almak için beşinci bir perspektif eklemek mümkündür. Dengeli puan kartı, hem finansal hem de finansal olmayan yönleriyle öne çıkan ve sürdürülebilirlik yönetimi konusunda yüksek potansiyel sağlayan açık yapılandırılmış ve esnek bir yönetim aracı olarak kabul edilmektedir (Bieker, 2003: 17; Tsalis vd., 2015: 283).

SBSC, finansal olmayan kurumsal faaliyetleri, standart BSC boyutları içinde kurumsal uzun vadeli stratejiye nedensel olarak bağlamaktadır. Yaklaşım, bir işletmenin finansal performansını etkileyen önemli stratejik faktörleri dikkate almayı mümkün kılmaktadır. Ayrıca, SBSC, öğrenme ve büyüme, iç iş süreçleri ve müşteri boyutlarını kapsayarak finansal boyutların ötesinde piyasa dışı bir bakış açısının önemini vurgulamaktadır. Bu sayede, tüm kurumsal faaliyetlerin stratejik uygunluklarına göre hizalanmasını ve yönetilmesini desteklemektedir (Kang vd., 2015: 126).

Çevresel ve sosyal yönleri BSC'ye entegre etmek için üç yaklaşım önerilmektedir. Birinci yaklaşımda, çevresel ve sosyal yönler mevcut dört standart perspektife entegre edilebilmektedir. İkinci yaklaşımda, çevresel ve sosyal değerlendirmek için ek bir bakış açısı eklenebilmektedir. Üçüncü yaklaşımda ise, çevresel ve/veya sosyal yönler için özel bir formülasyon geliştirilebilir. Çevresel ve sosyal yönler, diğer tüm ilgili stratejik ve potansiyel yönler gibi mevcut dört BSC perspektifine dahil edilebilmektedir (Marimin vd., 2017: 63).

Sürdürülebilir dengeli puan kartı, konsept ortaya çıkmadan önce çok sayıda şirket tarafından kullanılan EMS, ISO 14000, EMAS, SA 8000 gibi çevre yönetim sistemlerini tamamlayıcı niteliktedir. Kavramsal olarak, sürdürülebilir kalkınma yönetimi sorunu, SBSC modelinin uygulanması bağlamında, yöneticilerin ölçme, izleme, kontrol etme ve iyileştirme yoluyla yönetmek zorunda oldukları sürdürülebilir kalkınmanın kilit belirleyicilerini veya başarı faktörlerini belirlemeye odaklanmaktadır (Krstić vd., 2014: 66).

SBSC, sürdürülebilirliğin yönetiminde değerli bir araç olarak geniş çapta kabul görmüştür. SBSC'ler, sosyal ve çevresel hususları kendi içinde bütünleştirmeyi amaçlayan ve yönetimin ekonomik, çevresel ve sosyal yönleri entegre ederek ve üçlü bilanço (triple bottom line) kavramını takip ederek sürdürülebilirliğin üç boyutunun tamamında hedeflere ulaşmasını sağlamaktadır (Jassem vd., 2020: 194).

2.6. DİNAMİK SÜRDÜRÜLEBİLİR DENGELİ PUAN KARTI

Dengeli puan kartı yaklaşımının çerçevesi, ilk ortaya çıkışından itibaren sürekli olarak gelişerek, yeni fikirler ve araçları içselleştirip entegre etmektedir. Dengeli puan kartı başlangıçta finansal/finansal olmayan bilgileri bütünsel bir biçimde entegre etmeyi amaçlayan bir performans ölçüm aracı olarak geliştirilmiştir. Daha sonra Kaplan ve Norton, dengeli puan kartı yaklaşımının modern şirketlerin stratejik yönetim süreçlerinde kritik bir rol oynama potansiyelini artırmak için yaklaşımın çerçevesini sürekli olarak iyileştirmek ve zenginleştirmek üzerine çalışmıştır (Barnabè ve Busco, 2012: 529).

Strateji, bir organizasyonun mevcut durumundan ulaşmak istediği ancak, belirsiz bir gelecek durumuna hareket etmesini içermektedir. Organizasyonunu mevcut durumu gelecek durumundan farklı olacağı için, bu duruma giden yol bir dizi

bağlantılı hipoteze dayanmaktadır. Yöneticilere neden-sonuç perspektifini geliştirmede ve dahil oldukları iş sistemini daha iyi anlamada yardımcı olmak için Kaplan ve Norton, dengeli puan kartı yaklaşımının tamamlayıcı bir aracı olarak strateji haritası kavramını geliştirmişlerdir (Capelo ve Dias, 2009: 2-3).

Strateji haritaları, dengeli puan kartı ile entegre edilerek işletme yönetimi ve performans ölçümü için bütünsel bir yaklaşım sunmaktadır. Strateji haritası, işletme sisteminin yapısına yönelik yönetsel algıyı açıklarken; dengeli puan kartı tarafından sağlanan performans ölçüm bilgisi ise sistemin davranışının temel niteliğini yakalamaktadır. Strateji haritası, stratejiyi modellemede kullanılan bir sistem düşünme aracı olarak kabul edilebilmektedir (Capelo ve Dias, 2009: 3).

Dengeli puan kartının temel fikri, kısa vadeli ve uzun vadeli göstergeler ile finansal ve finansal olmayan göstergeler gibi çeşitli göstergeleri dengede tutmaktır. Strateji haritası ve dengeli puan kartı, göstergelerin farklı yönlerdeki nedenselliğini açıklayabilmektedir. Söz konusu araçlar uygulandıktan sonra, performans yönetimi kısa vadeli hedeflerden stratejik amaçlara geçiş yaparken sonuçların gerçek zamanlı analizine de odaklanabilmektedir (Zhang, 2012: 76).

Ancak, daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi dengeli puan kartı teorisinde bir dizi eksiklik/kısıtlılık bulunmaktadır. Kısaca hatırlarsak; ilk olarak, dengeli puan kartı şirketin iç dinamik karmaşıklığını çözemez; ayrıca stratejik hedefler ile performans göstergeleri arasındaki dinamik ilişkiyi simüle edip analiz edemez. İkinci olarak, finansal göstergeler yöneticilere performansı artırmak için hangi yaklaşımın benimsenmesi gerektiği konusunda açık bir şekilde rehberlik edemez. Yöneticiler, genellikle kısa vadeli finansal olmayan hedefleri, finansal hedeflere dönüştüremezler, dolayısıyla daha kritik olan uzun vadeli ve genel performansı göz ardı edebilirler. Üçüncü olarak, stratejiyi dengeli puan kartı kullanarak eyleme dönüştürmek istiyorsak, anahtar göstergeler arasındaki nedensel ilişkiyi netleştirmek önemlidir. Pratik uygulamada, dengeli puan kartı sadece bir çerçeve sunar, ancak nedensel ilişkiyi kurmak için belirli bir yöntem sağlamaz (Zhang ve Gao, 2008: 1159).

Söz konusu kısıtlamaların nasıl aşılacağına dair ortaya çıkan temel soru önemlidir. Daha önce de belirtildiği gibi, Kaplan ve Norton, orijinal dengeli puan kartı mimarisini geliştirmek için yeni fikirler ve araçlar önermişlerdir. Bu öneriler, strateji haritalarının dengeli puan kartı çerçevesine entegrasyonu gibi yenilikleri

içermekte ve dengeli puan kartı perspektifine (örneğin çevresel perspektif veya risk yönetimi perspektifi gibi) yeni bakış açıları eklenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, diğer yazarlar dengeli puan kartı çerçevesini özel yönetim ve mühendislik yaklaşımları ile eşleştirerek ilerlemişlerdir; örneğin veri zarflama analizi, çok kriterli karar analizi ve/veya Six Sigma gibi metodolojilerle çalışmışlardır. Bazı araştırmacılar ise BSC stratejik mimarisine tamamen sistem dinamiği modelleme ve simülasyon prensipleri ile entegrasyonu önermektedirler (Barnabè, 2011: 454).

Bu çalışmada, söz konusu kısıtlamaları aşmak ve dinamik bir yaklaşım geliştirmek için; dengeli puan kartına çevresel ve sosyal bir perspektif ekleyip, sürdürülebilir dengeli puan kartı ve ağaç tabanlı makine öğrenmesi yaklaşımlarını entegre etmeyi öneriyoruz. Makine öğrenmesi, büyük veri analizi yaparak, karmaşık ilişkileri ve zaman içindeki trendleri tanımlama yeteneği ile dengeli puan kartının eksikliklerini giderebilir. Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak geçmiş veri analizi yapılabilir, gelecekteki eğilimler tahmin edilebilir ve elde edilen bilgiler dengeli puan kartı göstergeleri içine entegre edebilir. Bu şekilde, işletmelerin stratejik hedeflerine ulaşma süreci dinamik olarak izlenebilir, hedeflere yönelik adaptif stratejiler geliştirilebilir. Bu entegrasyon, daha dinamik ve geleceğe yönelik kararlar almaya olanak tanıyarak, işletme performansını sürekli olarak iyileştirmeye yardımcı olacaktır.

Dinamik bir sistemle statik bir yaklaşım arasındaki temel fark, karmaşık sistemleri incelemek için geri bildirim döngülerini kullanabilme ve akış ile kaynak değişkenlerini entegre edebilme yeteneğidir. Dinamik yaklaşım, organizasyonun hedeflerini dengeli bir şekilde gerçekleştirmesini ve sürdürülebilir başarıyı etkin bir şekilde desteklemeyi amaçlamaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar, performans değerlendirme sistemlerinin ve performans yönetiminin stratejik planlama, stratejik değerlendirme ve organizasyonun hedeflerine ulaşma sürecinde kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla dinamik bir modele dayalı olarak elde edilen nicel veriler, daha verimli stratejik kararların alınabilmesini ve analiz edilebilmesini sağlayacaktır (Amirmiandaragh vd., 2023: 21).

Önerdiğimiz dinamik modelin katkısının daha iyi anlaşılması için çalışmanın devamında öncelikle ilgili literatür açıklanmaktadır. Ardından, bir sonraki bölümde,

dinamik modelin geliştirilmesi için kullanılan metodoloji ve uygulama süreci ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

2.7. LİTERATÜR

2.7.1. Havayolu Sektöründe Dengeli Puan Kartı

Dengeli puan kartı yaklaşımı, uzun yıllardır havayolu işletmelerinin performans değerlendirmesinde uygulamada ve literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Wong (1999), ABD (Amerika Birleşik Devletleri) havayolu sektöründe performans ölçümleri arasındaki ilişkilerin dengeli puan kartı çerçevesinin varsayımlarıyla tutarlı olup olmadığını test etmiştir. Çalışma sonucunda, havayolu verilerine ilişkin testlerden elde edilen sonuçların dengeli puan kartı çerçevesi tarafından öne sürülen bazı ilişkilerle tutarlı olduğunu gözlemlemiştir.

Erdoğan ve Kaya (2014), dengeli puan kartı perspektifinde Türkiye'deki tarifeli havayolu işletmelerinin performans göstergelerini belirleyerek, söz konusu işletmelerin dengeli puan kartı kullanımlarına bir temel oluşturmayı amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında, kriterlerin belirlenmesi için nitel araştırma yöntemlerinden çoklu durum çalışması yaklaşımını kullanmışlardır.

Maher (2015), havayolu endüstrisinde dengeli puan kartı uygulamasının başarısız olmasına neden olabilecek kritik engelleri ve tehditleri araştırmıştır. Çalışmada 104 havayolu şirketine 312 anket göndererek %65,7 geri dönüş oranıyla 205 geçerli anket formunu değerlendirmiştir.

Alnaimat (2018), dengeli puan kartı yaklaşımının Royal Jordanian Havayolları'nda uygulanabilirliğini değerlendirmiştir. Çalışmada, havayolunun 2014-2015 yıllarına ait yayınlanan mali tablolarını incelemiş ve dengeli puan kartı yaklaşımını kullanarak mali performansın değerlendirilmesi amacıyla ilgili şirket çalışanları ile birebir görüşmeler yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, Royal Jordanian Havayolları'nda muhasebe kârı göstergelerine (varlık getirisi oranı ve özsermaye getirisi oranı) dayalı performans ölçümleri üzerinde dengeli puan kartının dört ekseninin uygulanması ve kullanılmasının etkisinin olduğu sonucuna varmıştır.

Özdemir ve Küçükçolak (2021), Türk Hava Yolları'nı örnek vaka olarak alarak, dengeli puan kartı yaklaşımının perspektifine göre havayolu sektöründe kullanılabilecek anahtar performans göstergelerini (KPI) belirlemişlerdir. Çalışmada

belirlenen göstergelere göre Türk Hava Yolları'nın performansını rakipleri ile karşılaştırmış ve performans gelişimi için hedefleri belirlemiştir.

Havayolu işletmeleri için performans değerlendirmesi literatüründe, dengeli puan kartı yaklaşımının farklı metodolojilerle entegre edilerek kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Liang vd. (2006), havayolu işletmelerinin işletme performansını değerlendirmek için dengeli puan kartı, bulanık küme teorisi ve entropi yöntemlerini entegre eden sistemli bir bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmada, üçgensel bulanık sayılar kullanılarak tüm kriterlerin ağırlıkları ve alternatif havayollarının subjektif ve objektif kriterlere göre değerlendirme ölçütleri belirlenmiştir. Ayrıca, entropi ağırlıklandırma yöntemi bilgi miktarının ortalama özünü etkili bir şekilde ölçmek ve subjektif kriterlerin ağırlıklarını ayarlamak için kullanılmıştır.

Lin vd. (2011), belirsizliği değerlendirmek için dengeli puan kartı ve bulanık analitik ağ süreci (ANP) yaklaşımını entegre ederek Tayvan'daki uluslararası bir havayolu şirketi için birbirine bağlı dört ana boyut altında kırk dört kriteri değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçları, etkisi en yüksek olan boyutun finansal boyut olduğunu ve etkisi en yüksek üç performans ölçütünün satış maliyeti, karlılık ve şirket büyümesine karşı sektör büyümesi olduğunu göstermiştir.

Montazer ve Ebrahimian (2011) bulanık teoriden yararlanarak, havayolu performansının tüm stratejik boyutlarının dikkate alındığı, niteliksel ve kesin olmayan kriter ve ölçümleri de ele alabilen, hibrit bir havayolu performans değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada, İran İslam Cumhuriyeti Havayolu şirketinde partner seçimine dayalı gerçek bir sorun ele alınarak üç havayolunun özellikleri analiz edilmiştir. Çalışmada, bulanık teori, bulanık analitik hiyerarşi süreci ve bulanık TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, önerilen model uzmanların toplam mutabakatına dayalı olarak doğrulanmıştır.

Wu ve Liao (2014), havayollarının operasyonel verimliliğini değerlendirmek için entegre bir veri zarflama analizi-dengeli puan kartı modeli geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında, geliştirilen model için dünyanın önde gelen 38 havayolu şirketinin verileri kullanılmıştır.

Dinçer vd. (2017), dengeli puan kartı yaklaşımının perspektifini kullanarak Avrupa havayollarının performanslarını değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında,

bulanık DEMATEL, bulanık ANP ve MOORA yöntemlerini entegre eden hibrit bir çok kriterli yaklaşım kullanarak toplam dokuz havayolu işletmesinin performanslarını karşılaştırmışlardır.

Satybaldiyeva vd. (2018), bir havayolu işletmesinin stratejisi açısından büyük önem taşıyan faaliyetlere ilişkin etkin göstergelerin belirlenmesi amacı ile dengeli puan kartı yaklaşımı ile bulanık analitik hiyerarşi süreci ve analitik hiyerarşi süreci yaklaşımlarını birlikte kullanmışlardır.

Kumar ve Rao (2020), havayollarının performansını değerlendirmek için dengeli puan kartı ve veri zarflama analizini entegre ederek hibrit bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışma kapsamında dünyanın önde gelen 100 havayolunun 2009-2013 dönemine ait, dengeli puan kartı'nın dört perspektifi altında sekiz performans göstergesine ilişkin verilerini dikkate almışlardır.

Aydın vd. (2021) havayolu şirketlerinin performansının, finansal ve finansal olmayan perspektiflerinden kapsamlı bir değerlendirmesini yapmak amacıyla dengeli puan kartı yaklaşımı ile ağ tabanlı süper verimli veri zarflama analizini (DEA) birleştirerek 45 havayolu şirketinin performansını değerlendirmişlerdir. Satybaldiyeva vd. (2021) çalışmalarında, Air Astana için dengeli puan kartı ve bulanık analitik hiyerarşi sürecinin entegre olarak kullanılmasını önermiştir.

Okuneye ve Ogunyomi-Oluyomi (2022), Emirates Havayolu'nun 2015-2020 dönemi verilerini kullanarak bir örnek vaka çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında, dengeli puan kartı performans değerlendirme modeli perspektifinde Covid-19 öncesi ve sırasında havayolu performansında dijitalleşmenin rolünü ampirik olarak değerlendirmişlerdir. Araştırmada, dengeli puan kartı performansı ile dijitalleşme arasındaki ilişkiyi incelemek için Çoklu Pearson Çarpım Moment korelasyonu ve tanımlayıcı istatistik yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca, Covid-19 öncesi ve sonrası dönemlerin dengeli puan kartı performansı üzerindeki farklı etkisini ve iyileşme süresini göstermek amacıyla diferansiyel etki yöntemi uygulanmıştır.

Kaya vd. (2023), sürdürülebilir dengeli puan kartı ile iki aşamalı süper verimlilik veri zarflama analizi yaklaşımlarını entegre ederek, verimsizliğin kaynaklarının daha iyi anlaşılmasını sağlayan bir performans değerlendirmesi yaklaşımı geliştirmişlerdir. Çalışmaları, Aeromexico ve Irelandair'in 35 havayolu arasında en yüksek verimlilik puanlarına sahip olduğunu ve SBSC'nin müşteri,

finansal, iç süreç, öğrenme ve büyüme, ve çevresel boyutlar açısından verimli olarak değerlendirildiğini ortaya koymuştur.

2.7.2. Dinamik Dengeli Puan Kartı Yaklaşımları

Dengeli puan kartının işletmelere sağladığı faydalar literatürde genel olarak kabul görürken kısıtlılıkları da sıklıkla vurgulanmaktadır. Söz konusu kısıtlılıkları gidermek ve yaklaşımı dinamik hale getirmek için yapılan çalışmalar ilgili literatürde oldukça ilgi görmektedir. Linard ve Yoon (2000), bir federal hükümet departmanı için dinamik dengeli puan kartının geliştirilmesini tartışmışlardır. Çalışmada dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımı birlikte kullanılmıştır.

Akkermans ve van Oorschot (2005), sigortacılık sektöründen bir vaka çalışması kullanarak, sistem dinamiği ile dengeli puan kartını entegre eden bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada hedeflenen yaklaşım iki aşamalı bir modelleme sürecinde; kalitatif neden-sonuç döngü diyagramlaması ve ardından nicel simülasyon ile gerçekleştirilmiştir.

Lyell ve McDonnell (2007), Avustralya'da bölgesel sağlık sistemi performansını yönetmek için dinamik bir dengeli puan kartı yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmada geliştirilen dinamik dengeli puan kartının merkezinde; maliyet, kalite ve erişimin dinamik etkileşimlerinin ve bunların nüfus sağlığını nasıl etkilediği yer almaktadır.

Quadrat-Ullah vd. (2007), dengeli puan kartı yaklaşımının Singapur'daki orta ölçekli bir kamu sektörü hastanesinin kaynaklarını daha iyi yönetmek için etkileşimli bir şekilde nasıl uygulanabileceğine dair bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, dengeli puan kartı yaklaşımı bir simülasyon modeli ile entegre edilerek dinamik bir model önerilmiştir.

Zheng ve Lai (2008), esnek sanal işletmeler için bütünleşik bir performans ölçümü çerçevesi geliştirmek amacıyla geleneksel dengeli puan kartı yaklaşımını, analitik hiyerarşi sürecini, bulanık değerlendirme yöntemini ve Markov tahmin tekniklerini bir araya getirmişlerdir. Çalışmada, dinamik tedarik zincirinin gelecekteki performansını ve gelişme eğilimlerini incelemişler ve bu doğrultuda bir performans ölçümü hesaplama örneği sunmuşlardır. Bianchi ve Montemaggiore (2008), dinamik dengeli puan kartının kullanımının stratejik öğrenme perspektifinden

planlama sürecini nasıl iyileştirebileceğini, bir belediyeye ait su şirketindeki bir projeden elde ettikleri içgörülerle analiz etmişlerdir.

Zhang ve Li (2008), imalat endüstrisi için dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımlarını entegre ederek, nedensel ilişkilerin etkisi üzerine odaklanmış ve zaman gecikmesinin bu etkiye nasıl katkıda bulunduğunu incelemişlerdir. Çalışmalarında, zaman gecikmesinin finansal performansı ve müşteri memnuniyetini önemli ölçüde etkileyebileceği sonucuna varmışlardır.

Zhang ve Gao (2008), dengeli puan kartının uygulamadaki dinamiklik eksikliğini göz önünde bulundurarak, hizmet endüstrisi için dinamik bir dengeli puan kartı simülasyon modeli önermişlerdir. Çalışmada farklı aşamalarda iç ve dış çevredeki değişimi simüle edip gözlemleyerek, uzun vadeli sonuçları ve kısa vadeli sonuçları analiz ederek karşılaştırmışlardır.

Quadrat-Ullah (2009), sistem dinamiği ve dengeli puan kartı yaklaşımlarını entegre eden, dinamik bir stratejik karar alma ve performans ölçme yaklaşımı önermiştir. Çalışmada önerilen dinamik dengeli puan kartı yaklaşımının yapısı ve faydasını göstermek için, Singapur'da bir hastanede vaka çalışması gerçekleştirmiştir.

Zheng vd. (2009), tedarik zinciri için 5 boyuta genişletilen geleneksel dengeli puan kartını pürüzlü küme teorisi ve bulanık değerlendirme ile entegre ederek, dinamik performans ölçümü için karar tablosu oluşturmuşlardır. Çalışmada, dinamik performans ölçümü ve tahminleri için birleşik değerlendirme yönteminin uygulanabilir ve etkili olduğunu gösteren bir hesaplama örneği sunulmuştur.

Barnabè (2011), bir hizmet sektörü vaka çalışması üzerinden, geleneksel dengeli puan kartı (BSC) mimarisini sistem dinamiği prensipleriyle farklı yollarla eşleştirilmesinin stratejik yönetim kararlarına nasıl destek sağladığını araştırmıştır. Çalışmada, stratejik haritalar, matematiksel modeller ve sistem dinamiği modelleme prensiplerine dayalı olarak geliştirilen dengeli puan kartı ele alınmıştır.

Chytas vd. (2011), proaktif bir dengeli puan kartı yöntemi (PBSCM) geliştirilmesi için bulanık bilişsel haritaların (FCM'ler) yumuşak hesaplama özelliklerini kullanarak dengeli skor kartının zorluklarını ele almışlardır. Çalışmalarında, birbirine bağlı temel performans göstergeleri için dinamik bir ağ

oluşturmuşlar ve her performans göstergesinin belirsiz ilişkilerle simüle ederek, birbirlerini nasıl etkilediklerini ölçmüşlerdir.

Lee ve Yang (2011), Tayvan'ın ilaç endüstrisinin karmaşık sistemini araştırmak ve performansını artırmak için politika yönünü düzeltmek amacı ile dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımlarını entegre eden bir model geliştirmişlerdir.

Wittstruck ve Teuteberg (2011), sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için sistem dinamiği ve dengeli puan kartı yaklaşımlarını entegre eden bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada geliştirilen model, bir literatür taramasının sonuçlarına ve uzman görüşmelerinde toplanan bilgilere dayanmaktadır.

Sofiyabadi ve Nasab (2012), stratejik iç süreç yönetim faktörlerini araştırmak için dinamik bir dengeli puan kartı yaklaşımı sunmuşlardır. Çalışmada kullanılan faktörler belirlenirken dengeli puan kartı yaklaşımı ile birlikte VIKOR ve Shannon Entropi modelleri kullanılmıştır.

Barnabè ve Busco (2012), sistem dinamiği yöntemi ve dengeli puan kartı yaklaşımını entegre ederek dinamik bir performans değerlendirme modeli önermişlerdir. Shojaei vd. (2013), Mahan'da yer alan bir uçak şirketi için gerçekleştirilen bir vaka çalışmasından yola çıkarak, dengeli puan kartının etkinliğini artırmak ve zayıflıklarını gidermek için dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımını entegre etmişlerdir.

Akbarian vd. (2015), Ulusal İran Petrol Rafinaj ve Dağıtım Şirketi'nin (NIORDC) dokuz yan kuruluşunun zaman içinde ve stratejilere uygun olarak verimliliğini ölçmek için dengeli puan kartı ve veri zarflama analizi modellerinin entegre edildiği bir çerçeve önermişlerdir. Khakbaz ve Hajiheydari (2015) bir vaka çalışmasından yola çıkarak, ile İranlı bir toplu taşıma şirketi için sistem dinamiği ve dengeli puan kartı yaklaşımlarını entegre eden bir dinamik dengeli puan kartı geliştirmişlerdir.

Tsalis vd. (2015) şirketlerin çevresel, sosyal ve ekonomik performansı arasındaki ilişkilerin evrimsel eğilimlerini araştırmak için dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımlarını entegre eden dinamik bir sürdürülebilirlik dengeli puan kartı metodolojisi geliştirmişlerdir. Çalışmada üç senaryoya dayalı hesaplama örnekleri sunulmuştur.

Hawari ve Tahar (2015), üniversitelerde stratejik planlama sürecini geliştirmek amacıyla dinamik bir dengeli puan kartı modeli önermişlerdir. Modeli geliştirmek için, dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımlarını entegre etmişlerdir.

Chen ve Tzeng (2015), gerçek dünya koşullarında, faktörler arasındaki karşılıklı bağımlılığı ve geri bildirim sorunlarını daha doğru bir şekilde yansıtmak amacıyla hibrit dinamik çok kriterli karar verme – dengeli puan kartı modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada, faktörlerin birbirlerini nasıl etkilediğini anlamak için DEMATEL tekniği kullanılırken, boyutlar ve kriterler için etkili ağırlıkları hesaplamak için DEMATEL tabanlı ANP yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, performans matrisindeki boşlukları değerlendirmek için de VIKOR yöntemi uygulanmıştır.

Humphreys vd. (2016), strateji haritasında yer alan stratejik hedefler arasındaki nedensel ilişkiler ile gecikme zamanı bilgisinin, dinamik karar alma ortamında uzun vadeli kar performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında, bilgisayar tabanlı bir simülasyon görevi kullanarak dört simülasyon turu gerçekleştirmiş ve nedensel ilişkiler sunulan yöneticilerin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek uzun vadeli kar elde ettikleri sonucuna varmışlardır.

Farajpour Khanaposhtani vd. (2017), İran Otomotiv Endüstrisi'nin tedarik zinciri yönetimi için dengeli puan kartı, sistem dinamiği ve oyun teorisi yöntemlerini entegre eden dinamik bir stratejik yönetim modeli önermişlerdir.

Yıldız (2018), uluslararası inşaat şirketlerinin stratejik planlama ve performans yönetimi uygulamalarını geliştirmek için senaryo analizi ve sistem dinamiği entegrasyonu ile dinamik bir model geliştirmiştir. Çalışmada dinamik modeli geliştirmek için kurumsal karne (BSC), gelecek karnesi (future scorecard) modeli ve sistem dinamiği yöntemlerini kullanmıştır.

Córdova vd. (2018), bulanık bilgi modellemesi yaklaşımı ile dengeli puan kartını entegre eden dinamik bir model önermişler ve bir liman topluluğuna uygulamışlardır. Mostafavi (2019), Tahran'da bulunan bir telekomünikasyon şirketinde vaka çalışması gerçekleştirerek, dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımlarını entegre eden bir model önermiştir.

Supino vd. (2019), sistem dinamiği yaklaşımının dengeli puan kartının bazı temel başarı faktörlerini nasıl geliştirebileceğini ve özellikle hipotetik senaryoların

sonuçlarını analiz etme ve değerlendirme konusunda karar vericileri nasıl destekleyebileceğini araştırmışlardır. Çalışmada, bir eylem araştırması perspektifinden yola çıkarak, dengeli puan kartı uygulamasına sistem dinamiği yaklaşımını entegre ederek üç farklı senaryo geliştirmişlerdir.

Zandieh vd. (2020), sürdürülebilir dengeli puan kartı aracılığıyla dinamik bir ortamda stratejik karar alma süreci için yeni bir çerçeve geliştirmişlerdir. Çalışmada bir şirket için çevresel faktörler bulanık TOPSIS yöntemiyle seçilerek eklenirken karar alma modeli, üç ana senaryoda önerilmiştir. Daha sonra model, her senaryo ve politikada ayrı ayrı simüle edilerek, dinamik dengeli puan kartı modeli ile ve organizasyonun ana yönleri, karlılığı ve sürdürülebilirliği göz önünde bulundurularak analiz edilmiştir.

Khanmohammadi vd. (2022), dengeli puan kartının sınırlı yönlerinin geliştirilmesine ve iyileştirilmesine yönelik olarak sistem dinamiği simülasyonu, örnek tabanlı akıl yürütme (CBR) yöntemi ve adaptif nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) modellerini entegre eden bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışma sonucunda önerilen modelin, yöneticilerin belirlediği hedeflere ulaşmak için küçük hatalarla uygun stratejiler sağladığını belirtmişlerdir.

Nazari-Ghanbarloo (2022), tedarik zinciri performansının ölçümü için dinamik bir model önermiştir. Çalışmada dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımları entegre edilerek nedensel hipotezlere dayanan bir dinamik nedensel model önerilmiştir.

Costanza (2023), bir sosyal girişimin performansını değerlendirmek için dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımlarını entegre ederek dinamik bir model önermiştir. Çalışmada, dezavantajlı sosyal grupların giysi geri dönüşümü ve yeniden entegrasyonu alanında faaliyet gösteren bir sosyal girişim için, dengeli puan kartı ve sistem dinamiği odaklı iki farklı strateji belirlenmiştir.

Hristov vd. (2024), operasyon yönetimi için dengeli puan kartı perspektifinde belirlenen performans göstergeleri ile sonuç ölçütleri arasındaki ilişkileri sistem dinamiği yaklaşımıyla sentezlemişlerdir.

2.7.3. Dengeli Puan Kartı ve Makine Öğrenmesi

Son yıllarda, işletmelerin stratejik yönetim ve performans değerlendirmesi alanında dengeli puan kartı yaklaşımı ile makine öğrenmesi tekniklerinin entegrasyonu önemli bir gelişme göstermektedir. Creamer ve Freund (2010) tarafından S&P 500 şirketleri için önerilen kısmen otomatikleştirilmiş stratejik planlama sistemi, Adaboost ve dengeli puan kartı yaklaşımlarını bir araya getirerek kurul düzeyinde ve yatırım kararlarında etkili bir strateji sunmaktadır.

Abd El-Mongy vd. (2013), dengeli puan kartı perspektifinde belirlenen performans göstergelerini tahmin etmek için bir model önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada, öncelikle performans göstergeleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla Apriori Algoritması kullanılmış, ardından, performans göstergelerinin değerlerini daha anlamlı kategorilere ayırmak için bulanık mantık yöntemi uygulanmıştır. Gelecekteki performans göstergelerinin tahmin edilmesi ise yapay sinir ağları ve decision tree algoritmaları ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, önceki performans verilerine dayalı tahminler ile kategorilere göre tahminlerin birleştirildiği veri birleştirme modülü ile üçüncü bir tahmin modeli geliştirilmiştir.

Ayvaz vd. (2020), stratejik maliyet yönetimi ve ekonomik krizlerin öngörülmesindeki eksikliği azaltma amacı ile sürdürülebilir dengeli puan kartı ve LSTM yaklaşımlarını entegre eden, ekonomik krizleri ön görebilecek dinamik bir erken uyarı sistem modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada, 1998-2011 yılları arasındaki makroekonomik veriler ile 2002 ve 2008 krizleri %95.41 doğruluk oranı ile başarılı bir şekilde öngörülmüştür.

Psarras vd. (2022), ortak finansmanlı bir AB (Avrupa Birliği) programının sonuçlarını tahmin etmek için dengeli puan kartı ve yapay sinir ağları yaklaşımlarını entegre eden bir model önermiştir. Çalışma sonucunda, müşteri memnuniyetini artırmaya yönelik alınan önlemlerin daha fazla iyileştirmeye olanak tanıdığı görülmüştür.

Grande-Ramírez vd. (2022), turistik bir şehirde yer alan bir restoranın stratejik karar alma sürecini desteklemek için sosyal medya ile duygu analizi (sentiment analysis) yaklaşımını entegre etmişlerdir. Daha sonra elde edilen bilgilerin dengeli

puan kartı perspektifinde belirlenen performans göstergelerine otomatik olarak yönlendirilmesini sağlamışlardır.

Tagkouta vd. (2023), bir girişimin çevrimiçi platformunun piyasa lansmanından önce başarılı olup olamayacağını öngörebilme yöntemlerini araştırmışlardır. Çalışmada dengeli puan kartı perspektifinde belirlenen anahtar performans göstergelerinin tahmini için yapay zekadan yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda modelin etkinliği %91,89 olarak hesaplanmıştır ve çevrimiçi platformunun %91,89 geçerlilik oranıyla başarılı olacağı öngörülmüştür.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. HAVAYOLU SEKTÖRÜNDE UYGULAMA

Bu bölüm, çalışmanın metodolojisini ayrıntılı olarak ele almaktadır. Çalışmanın amacı, önemi ve kullanılan yöntemlerle ilgili detaylı bilgileri içermektedir. Bu bölümde, araştırmanın nasıl yapılandırıldığı, hangi adımların izlendiği, veri toplama ve analiz yöntemleri ile ilgili ayrıntılar sunulmaktadır.

3.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Günümüzde sürdürülebilirlik hemen hemen her sektör için önemli hale gelmektedir. İşletmeler sürdürülebilirliğin üç boyutundan biri olan ekonomik karlılıklarının yanında diğer iki boyut olan çevresel ve sosyal kaygılarını da artırmaya başlamışlardır. Bununla birlikte, havacılık endüstrisinin küresel ve toplumsal anlamda etkileri yadsınamaz derecededir. Havacılık, küresel ekonomiye ciddi olumlu katkılar sağlarken, olumlu ve olumsuz sosyal katkıları ile olumsuz çevresel katkıları mevcuttur. Aynı zamanda havacılık endüstrisinin faaliyetleri de iklim değişikliğinden etkilenmektedir. Dolayısıyla havacılık sektöründe faaliyet gösteren işletmeler karlılıklarını artırırken sosyal ve çevresel anlamdaki olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik faaliyetlerini artırarak sürdürülebilir operasyonlar hedeflemektedirler.

Bu çalışmanın temel amacı, geleneksel iş modeli uygulayan havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik performanslarını daha iyi değerlendirebilmeleri için dinamik bir model önermektir. Çalışmada, uzun süredir stratejik yönetim ve performans yönetimi alanlarında kullanılan dengeli puan kartı yaklaşımı, günümüz gereksinimlerine göre yeniden şekillendirilmiş ve makine öğrenmesi teknikleri ile zenginleştirilmiştir. Bu amaçla, havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik performansını etkileyebilecek kriterler, literatürde yaygın olarak kullanılan havayolu performans yönetimi kriterleri arasından seçilmiştir. Kriterler arasındaki hiyerarşik ilişkiler göz önünde bulundurularak, makine öğrenmesi yöntemlerinden ağaç tabanlı modeller (decision tree, random forest, XGBoost, extra trees gibi) kullanılmış ve sonuçları karşılaştırmak amacıyla değerlendirilmiştir.

Sürdürülebilir havacılık hedeflerine ulaşma yolunda, havayolu işletmelerinin operasyonel kararlarının kritik önemi vardır. Bu nedenle, havayollarının

sürdürülebilirlik hedeflerine odaklanmaları için belirli kriterlerin tanımlanması ve planlanması gerekmektedir. Mevcut literatürde, havayolu işletmeleri için sunulan yaklaşımlar genellikle statik modeller üzerinde odaklanmaktadır. Ancak, diğer sektörlerde olduğu gibi, performans yönetimi için dinamik yaklaşımların kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışma, mevcut sürdürülebilir dengeli puan kartı yaklaşımını dinamik hale getirme çabalarıyla ön plana çıkmaktadır. Makine öğrenmesi tekniklerinin uygulanmasıyla öne çıkan bu yaklaşım, havayolu işletmelerinin operasyonel gereksinimlerini göz önünde bulundurarak geleneksel yöntemlere alternatif bir model sunmaktadır. Çalışma, hem havayolu işletmeleri için dinamik bir performans değerlendirme modelinin eksikliğini gidermekte hem de dengeli puan kartı yaklaşımının kısıtlamalarını aşmada literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.

3.2. YÖNTEM

Bu bölümde çalışmada kullanılan makine öğrenmesi modelleri ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmektedir. Makine öğrenmesi modellerinden decision tree, random forest, XGBoost ve extra trees yöntemlerinin temel mantığı açıklanmaktadır.

3.2.1. Decision Tree

Decision tree, makine öğrenimi alanında yaygın olarak kullanılan esnek ve anlaşılabilir bir modelleme tekniğidir (Breiman vd., 1984). Algoritma, model çıktısı şekilsel olarak ağacı anımsatan bir akış şemasına sahip olduğu için karar ağacı olarak adlandırılmaktadır (Kocarık Gacar, 2023: 57). Decision tree algoritmasının temel mantığı, karmaşık bir problemi, yorumlanması daha kolay bir çözüme ulaştırabilecek daha basit birkaç probleme bölmektir (Xu vd., 2005: 323; Ahmad vd., 2017: 81).

Decision tree algoritması, bir ağaç yapısındaki karar düğümleri ve sonuç düğümlerinden oluşmaktadır. Her karar düğümü belirli bir özelliği test etmekte ve bu özelliğin değerine bağlı olarak verileri iki veya daha fazla alt kümeye bölmektedir. Bu bölmeler, veri kümesindeki değişkenler arasındaki ilişkileri temsil eden bir ağaç yapısı oluşturmaktadır. Bu işlem, veri alanı, her alanın optimal bir sınıflandırma sunduğu çeşitli alt alanlara bölünene kadar yinelemeli olarak gerçekleştirilmektedir. Böylece alt kümeler, bölünen düğümden daha yüksek bilgi kazancına sahip olmaktadır (Suthaharan, 2016: 248).

Decision tree, veri setindeki değişkenler arasındaki ilişkileri hiyerarşik bir şekilde temsil etmektedir. Her düğüm, belirli bir özelliği ve bu özelliğin bir eşik değerini kullanarak veriyi bölmektedir. Bu bölme işlemi, en iyi bölme noktasını seçerek ve belirli bir hedef değişkenini tahmin etmeye yönelik optimize edilmiş bir yapı oluşturarak ağaç yapısını oluşturmaktadır (Breiman vd., 1984). Algoritmanın amacı, veriye aşırı uyum (overfitting) ihtimalini en aza indirerek en uygun karar ağacını bulmaktır (Pekel, 2020: 508).

Decision tree algoritmasının diğer modelleme tekniklerine göre en büyük avantajı, yorumlanabilir kuralları veya mantıksal ifadeleri temsil edebilen bir model üretmesidir (Tso ve Yau, 2007: 1761). Decision tree, mantıksal kuralları temsil edebilen eğitimli bir model üretmektedir ve bu model, daha sonra tekrarlayan bölme işlemi yoluyla yeni veri kümesini tahmin etmek için kullanılabilir (Ahmad vd., 2017: 80).

3.2.2. Random Forest

Random forest, makine öğrenimi alanında yaygın olarak kullanılan ve topluluk (ensemble) öğrenme yaklaşımına sahip bir regresyon modelidir (Breiman, 2001). Topluluk tekniğinin arkasındaki temel fikir, farklı modellerin kararlarını birleştirmek ve bu kombinasyona dayalı olarak bir karara varmaktır; bu durum, tek bir karar veya modelin başarılarıyla karşılaştırıldığında daha iyi performans sonucu elde edilmesini sağlamaktadır (Saeed vd., 2021: 5).

Bireysel karar ağaçlarının geliştirilmesinde, her bir düğüm noktasında kullanılacak özellikler için veri setindeki özellikler arasından rastgele seçilen bir grup özellik kullanılmaktadır (Cutler vd., 2012: 159). Random forest, her düğümü tüm değişkenler arasındaki en iyi bölünmeyi kullanarak bölmek yerine, o düğümde rastgele seçilen bir tahmin alt kümesi arasındaki en iyiyi kullanarak bölmektedir. Orijinal veri setinden değiştirilerek yeni bir eğitim veri seti oluşturulduktan sonra rastgele özellik seçimi kullanılarak bir ağaç büyütölmektedir (Akar ve Güngör, 2012: 107). Bireysel olarak ağaçlar oluşturulduktan sonra test veri setinde bulunan tüm örnekler bu ağaçlara uygulanır (Bayraktar, 2019: 43). Çok sayıda ağaç oluşturulduktan sonra regresyon problemleri için bu ağaçların çıktılarının ortalama değeri alınır (Baştürk, 2021: 37).

3.2.3. XGBoost

Uygulamada kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri arasında yer alan eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), birçok uygulamada öne çıkan tekniklerden biridir (Chen ve Guestrin, 2016: 785). XGBoost, çeşitli karar ağaçlarının bir kombinasyonunu kullanan ve artırma (boosting) yöntemini kullanarak sınıflandırma veya regresyon uygulayan bir topluluk algoritmasıdır (Shin, 2022: 3356).

XGBoost çok sayıda zayıf öğrenme modelini birleştirerek daha güçlü bir öğrenme algoritması üretmeyi amaçlamaktadır. Zayıf öğrenme modelleri ile regresyon ağaçları oluşturulur, algoritmanın başarısı hesaplanır ve sonuçlar bir sonraki ağacın oluşması için kullanılır. Böylece yeni model daha önce eğitilmiş ağacın yaptığı hataları düzelterek tahmin yapmaktadır (Pesantez-Narvaez, 2019: 3). XGBoost karmaşık problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar vermektedir (Acar, 2022: 33).

3.2.4. Extra Trees

Extra trees algoritması nispeten yeni bir makine öğrenme tekniğidir ve random forest algoritmasının bir uzantısı olarak geliştirilmiştir (Geurts vd., 2006: 5; Ahmad vd., 2018: 814) Extra trees algoritması, klasik hiyerarşik yaklaşımına göre çok sayıda budanmamış karar ağaçlarından bir topluluk oluşturarak çalışmaktadır (Geurts vd., 2006: 5). Tahminler, karar ağaçlarının tahmininin ortalaması alınarak yapılmaktadır (Efeoğlu, 2022: 166).

Extra trees algoritması random forest algoritmasına benzer özelliklere sahiptir, ancak iki önemli farklılık mevcuttur. İlk olarak extra trees, mevcut tüm özellikler arasından her ağaç için rastgele bir özellik alt kümesi seçer. İkincisi, Extra trees'in bölme prosedürü, seçilen özelliklerin her biri için bir bölme değerinin rastgele seçilmesine dayanır (García ve Koo, 2023: 65171). Bu iki farklılık, extra trees algoritmasının veriye fazla uyum sağlamaya (overfitting) karşı daha hassas olmasını ve sonuçta daha iyi performans elde edilmesini sağlamaktadır (John vd., 2016: 728; Saeed vd., 2021: 5).

3.3. BULGULAR

Bu bölüm, çalışmanın ana bulgularını sunmaktadır. Dolayısıyla, araştırmanın temel sorularına cevaplar sağlayarak, veri analizlerinin sonuçlarını ve elde edilen

bulguların anlamlarını detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Bulgular, istatistiksel analizler, grafikler ve tablolar aracılığıyla desteklenmektedir.

3.3.1. Sürdürülebilir Dengeli Puan Kartı Perspektifinde Performans Göstergelerinin Belirlenmesi

Çalışmanın ilk aşamasında, sürdürülebilir dengeli puan kartı perspektifinde havayolu sürdürülebilirlik performansını etkileyebilecek değişkenler belirlenmektedir. Çalışma kapsamında sürdürülebilir dengeli puan kartı perspektifinde belirlenen performans göstergeleri Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Performans Göstergeleri

Finansal Boyut	
Toplam Gelir	Pineda vd. (2018); Li vd. (2015); Mallikarjun (2015); Wu ve Liao (2014); Kumar ve Rao (2020); Bakır vd. (2020); Pinchemel vd. (2022).
Net Kar	Pineda vd. (2018); Chou vd. (2016); Wu ve Liao (2014); Kumar ve Rao (2020).
Operasyonel Maliyet	Okuneye ve Ogunyomi-Oluyomi, (2022); Erdogan ve Kaya (2014); Barros ve Wanke (2015); Bakır vd. (2020); Pineda vd., (2018); Barros ve Couto (2013); Mallikarjun (2015).
Müşteri Boyutu	
Ücretli Yolcu Kilometre (RPK)	Wu ve Liao (2014); Barros ve Wanke (2015); Özdemir ve Küçükçolak (2021); Kumar ve Rao (2020); Pinchemel vd. (2022); Bakır vd. (2020); Demydyuk vd. (2012); Erdoğan ve Kaya (2014); Cui ve Li (2018); Lu vd. (2018); Li vd. (2015); Barros ve Couto (2013); Mallikarjun (2015).
Taşınan Yolcu Sayısı	Wu ve Liao (2014); Elhmoud vd. (2021); Dinçer vd. (2017); Özdemir ve Küçükçolak (2021); Bakır vd. (2020), Demydyuk vd. (2012); Okuneye ve Ogunyomi-Oluyomi (2022).
Kargo ve Posta	Pineda vd. (2018).
Konma Sayısı	Pineda vd. (2018).
Uçulan Nokta Sayısı	Wang vd. (2015); Barros ve Wanke (2015); Pinchemel vd. (2022).
İçsel Süreç Boyutu	
Arz Edilen Koltuk Kilometre (ASK)	Pinchemel vd. (2022); Bakır vd. (2020); Demydyuk vd. (2012); Cui ve Li (2018); Lu vd. (2018); Li vd. (2015); Mallikarjun (2015); Chou vd. (2016).

Tablo 1(devamı): Performans Göstergeleri

Doluluk Oranı	Pineda vd. (2018); Erdogan ve Kaya (2014); Bakır vd. (2020); Özdemir ve Küçükçolak (2021); Demydyuk vd. (2012).
Arz Edilen Koltuk Kilometre Başlı Maliyet (CASK)	Özdemir ve Küçükçolak (2021); Pinchemel vd. (2022); Demydyuk vd. (2012).
Yakıt Maliyeti	Wu ve Liao (2014); Kumar ve Rao (2020); Pineda vd. (2018); Chou vd. (2016).
Personel Maliyeti	Wu ve Liao (2014); Kumar ve Rao (2020); Chou vd. (2016).
Öğrenme ve Büyüme Boyutu	
Personel Sayısı	Özdemir ve Küçükçolak, (2021); Elhmoud vd. (2021); Pineda vd. (2018); Lu vd. (2018); Barros ve Couto (2013); Barros ve Wanke (2015).
Personel Başına Yolcu	Erdogan ve Kaya (2014); Özdemir ve Küçükçolak, (2021).
Uçak Utilizasyonu	Erdogan ve Kaya (2014); Pinchemel vd. (2022).
Filo	Chou vd. (2016); Barros ve Wanke (2015); Bakır vd. (2020).
Çevresel ve Sosyal Boyut	
Vergi Performansı	Wang vd. (2015).
Emisyon Miktarı (Sera Gazı Emisyon Salınımı)	Elhmoud vd. (2021); Li ve Cui (2015); Mason ve Miyoshi (2009); Cui ve Li (2018), Arjomandi ve Seufert (2014); Karaman ve Akman (2017); Janic (2016).
Toplam Jet Yakıtı Tüketimi	Elhmoud vd. (2021); Pinchemel vd. (2022); Alemayehu ve Brocke (2010); Pineda vd. (2018); Lu vd. (2018).
Gürültü Yönetimi (Ortalama filo yaşı)	Karaman ve Akman (2017); Alemayehu ve Brocke, (2010); Erdogan ve Kaya (2014); Pinchemel vd. (2022).

Tablo 1’de belirtilen performans göstergeleri, havayolu performansını etkileyebilecek nitelikteki ilgili literatürde en çok kullanılan kriterler arasından seçilmiştir.

Dengeli puan kartının *finansal perspektifinde* yer alan toplam gelir işletmelerin yüksek finansal karlılık oranlarına ulaşabilmesi için dikkate alınması gereken en önemli kriterdir. Diğer hedeflere göre daha kolay ölçülebilen finansal karlılık, stratejik bir hedef olarak yüksek karlılık oranlarını hedeflemektedir ve şirketler için önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Özdemir ve Küçükçolak, 2021: 53). Havayollarının rakiplerine göre rekabet avantajı kazanabilmelerinin yolu, şirketin

belirli bir dönemde elde ettiği toplam gelir miktarı artırılırken maliyetlerin azaltılması ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle operasyonel maliyet artışının kontrol altında tutulması, havayollarının finansal performansını önemli ölçüde etkileyecek ve şirketin net karlılığını artıracaktır.

Dengeli puan kartının *müşteri boyutunda* yer alan ücretli yolcu kilometre, havayolu yolcu trafiğinin temel ölçüsüdür. Bir havayolunun mevcut koltuk millerinin ne kadarının gerçekten satıldığını yansıtır (Cook ve Billig, 2017: 170). Yolcu sayısı, havayolu aracılığı ile belirli bir dönemde taşınan toplam yolcu sayısını ifade etmektedir. Kargo ve posta ise, yolcu sayısına benzer şekilde, belirli bir dönemde taşınan kargo ve postanın toplam miktarını ifade etmektedir.

Uçulan nokta sayısı, bir havayolunun uçuş gerçekleştirdiği destinasyonları ifade etmektedir. Uçulan nokta sayısının fazla olması havayolunun müşterileri tarafından tercih edilirliliğini artırırken gelir hacminin de artırma potansiyeli mevcuttur. Konma sayısı, belirli bir dönemde havayolunun gerçekleştirdiği uçuş sayısını ifade etmektedir.

Dengeli puan kartının *işsel süreç boyutunda* yer alan arz edilen koltuk kilometre, mevcut yolcu kapasitesini ölçer ve arz edilen koltuk sayısı ve uçulan kilometre çarpılarak bulunur (Cook ve Billig, 2017: 169). Doluluk oranı, bir havayolunun yolcu taşıma kapasitesinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda verimlilik ölçüsü olarak da bilinir ve bu nedenle, bir havayolunun performansını tanımlamak için yaygın olarak kullanılır. Yüksek doluluk oranlarına ulaşılması havayolunun karlılığı için esas olarak kabul edilmektedir (Jenatabadi ve Ismail, 2007: 125).

Bir havayolunun toplam maliyeti içerisinde en yüksek yüzdeyi oluşturan iki maliyet kalemi yakıt ve personel maliyetleridir. Bir havayolunun toplam operasyonel maliyetinin en büyük yüzdesini yakıt ve personel maliyetleri oluşturmaktadır (Koçak, 2023: 21-22). Arz edilen koltuk kilometre başı maliyet (CASK), bir havayolunun bir koltukla bir kilometre uçmasının maliyeti olan tutardır. Arz edilen koltuk kilometre başı maliyet, endüstrideki birincil maliyet ölçü birimidir; bu oranın düşük olması havayolunun operasyonlarının daha verimli ve karlı olduğu anlamına gelmektedir (Sakthidharan ve Sivaraman, 2018: 263).

Öğrenme ve büyüme boyutunda yer alan personel sayısı şirketin büyüklüğü ile ilgili bilgi vermektedir. Personel başına yolcu değişkeni, ise şirketin personelini ne

kadar verimli kullandığının bir ölçütüdür. Uçak utilizasyonu, şirketin ortalama günlük uçak kullanımı ile ilgili bilgi vermektedir ve şirketin uçaklarını ne kadar verimli kullandığını ifade etmektedir. Filo değişkeni ise, şirketin filosunda bulunan uçak sayısını ifade etmektedir. Bir havayolunun filosu ne kadar geniş olursa faaliyet hacmi de o kadar yüksek olacaktır.

Dengeli puan kartının *sosyal ve çevresel boyutunda* yer alan gürültü azaltma faaliyetleri, amaca yönelik olarak yeni operasyonel prosedürlerin kullanılması ve daha az gürültü üreten uçakların kullanım oranını ifade etmektedir (Karaman ve Akman, 2017: 5). Bu nedenle gürültü yönetimi kapsamında ortalama filo yaşı dikkate alınmaktadır.

Vergi geliri, devlet finansmanının ana kaynağıdır. Devlet, altyapı inşaatı için vergi geliri yoluyla fon sağlayabilir. Bu durum, işletmelerin gelişmesi için iyi bir ortam yaratır. Bu nedenle, havayolları aktif olarak devlete vergi öder; bu sadece devletin beklentisini karşılamakla kalmaz, aynı zamanda işletme değerinin gerçekleşmesine de katkıda bulunur (Wang, 2015: 4).

Havacılık sektöründeki sera gazı emisyonlarının neredeyse tamamı fosil jet yakıtı kullanımına atfedilebildiğinden, artan verimlilik önlemleri ve geleneksel jet yakıtına alternatifler, küresel iklim hedeflerine ulaşmak için havacılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmak için oldukça önemli hale gelmektedir (Stauch ve Müller, 2022: 23).

3.3.2. Makine Öğrenmesi Uygulaması

3.3.2.1. Veri Seti

Çalışmada kullanılan veriler Türkiye’de faaliyet gösteren bir havayolu işletmesinin 2008-2023 yılları arasında yayınlanan 3 aylık (çeyrek) raporlarından elde edilmiştir. Bununla birlikte, havayolunun operasyonları 2019 yılının sonlarında ortaya çıkan ve etkisi bir süre devam eden Covid-19 salgınından etkilendiği için 2020-2021 yılları arasındaki veriler veri setine dahil edilmemiştir.

Çalışmada kullanılan değişkenlere ait betimsel istatistikler; en düşük değer (Min.), en büyük değer (Max.), ortalama değer (Ort.) ve standart sapma (Std.) değeri Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Betimsel İstatistikler

Değişken	Min.	Max.	Ort.	Std.
Toplam Gelir (Milyon \$)	808	20.942	6.337	4.487,62
Operasyonel Maliyet (Milyon \$)	809	18.269	5.966,70	3.888,22
Net Kar (Milyon \$)	-647	2.859	391,39	744,02
Ücretli Yolcu Kilometre (Bin)	6.917	193.932	62.779,48	45.749,95
Taşınan Yolcu Sayısı (Bin)	4.533	83.378	31.734,43	21.072,10
Kargo ve Posta (Milyon)	44.595	1.679.393	512.700,18	431.190,79
Konma Sayısı	40.740	519.734	233.036,23	136.892,07
Uçulan Nokta Sayısı	110	340	249,80	68,28
Arz Edilen Koltuk Kilometre (Milyon)	9.911	234.839	80.637,95	55.720,39
Doluluk Oranı	0,661	0,831	0,763	0,043
Arz edilen Koltuk Kilometre Başı Maliyet	5,05	8,95	7,022	1,006
Yakıt Maliyeti (Milyon \$)	173	6.467	1.966,16	1.412,32
Personel Maliyeti (Milyon \$)	199	3.256	1.055,87	606,28
Personel Sayısı	13.185	55.884	26.765,5	10.646,35
Personel Başına Yolcu	336	2.212	1.173,23	599,38
Uçak Utilizasyonu	515	780	707,36	49,33
Filo	103	296	203,80	49,64
Vergi Miktarı	-2.380	653	18,21	354,74
Emisyon Miktarı (Bin Ton)	919,80	20.251,35	7.259,40	4.919,23
Toplam Jet Yakıtı Tüketimi (Bin Ton)	292	6.429	2.304,57	1.561,66
Ortalama Filo Yaşı	5,7	9,5	7,29	1,18

Çalışmada verileri kullanılan havayolu işletmesi, özellikle finansal verileri ile ilgili raporlama yaparken para birimini bazı dönemlerde değiştirmiştir ve bu nedenle söz konusu veriler, merkez bankası tarafından ilgili dönemler için yayınlanan kur

dönüşüm bilgileri esas alınarak aynı para birimine dönüştürüldükten sonra veri setine dahil edilmiştir.

Ayrıca havayolu işletmesi personel başına yolcu değişkeni ile ilgili bazı ara dönemlerde veri yayınlamadığı için eksik veriler ‘yolcu sayısı / personel sayısı’ şeklindeki formül esas alınarak hesaplanmış ve tamamlanmıştır. Emisyon miktarı değişkenine ait veriler ise, havayolunun raporlarında yer alan yakıt tasarrufu formülünden yola çıkılarak ‘yakıt tüketim miktarı X 3,15’ şeklinde hesaplanarak elde edilmiştir.

Veri analizi ve görselleştirmeler Python programlama dilinde pandas, numpy, scikit-learn, seaborn ve matplotlib kütüphaneleri yüklenerek gerçekleştirilmiştir. Modellerin eğitilmesi için scikit-learn kütüphanesinden; DecisionTreeRegressor, RandomForestRegressor, XGBRegressor, ExtraTreesRegressor yüklenmiştir.

3.3.2.1.1. Veri Hazırlık Süreci

Veri seti sınırlı sayıda veri içerdiği için başarıyı düşürmemek ve verinin orijinalliğini korumak adına; veri setinde boyut azaltmak, boş değerleri doldurmak, yapay veri oluşturulması gibi herhangi bir ön işlem yapılmamıştır.

Bununla birlikte, makine öğrenmesi algoritmaları uygulanmadan önce veri seti, tahmini yapılacak her bir değişken için hedef değişken/bağımlı değişken (X) ve bağımsız değişkenler (Y) olmak üzere ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan hedef ve bağımsız değişkenler Tablo 3’te gösterilmektedir. Bazı değişkenler arasında karşılıklı ilişki olduğu varsayıldığından, Tablo 3’te gösterildiği gibi bazı değişkenler hem hedef değişken hem de bağımsız değişken olarak tanımlanmıştır. Daha sonra, veri seti eğitim verisi (%75) ve test verisi (%25) olarak 2’ye ayrılmıştır.

Tablo 3: Değişkenlerin Tanımlaması

Değişken Adı	Değişken Türü
Toplam Gelir	Hedef Değişken
Operasyonel Maliyet	Hedef Değişken
Net Kar	Bağımsız Değişken
Ücretli Yolcu Kilometre	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Taşınan Yolcu Sayısı	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Kargo ve Posta	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken

Tablo 3 (devamı): Değişkenlerin Tanımlanması

Konma Sayısı	Bağımsız Değişken
Uçulan Nokta Sayısı	Bağımsız Değişken
Arz Edilen Koltuk Kilometre	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Doluluk Oranı	Bağımsız Değişken
Arz edilen koltuk kilometre başı maliyet	Bağımsız Değişken
Yakıt Maliyeti	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Personel Maliyeti	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Personel Sayısı	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Personel Başına Yolcu	Bağımsız Değişken
Uçak Utilizasyonu	Bağımsız Değişken
Filo	Bağımsız Değişken
Vergi Miktarı	Bağımsız Değişken
Emisyon Miktarı	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Toplam Jet Yakıtı Tüketimi	Hedef Değişken – Bağımsız Değişken
Ortalama Filo Yaşı	Bağımsız Değişken

3.3.2.1.2. Veri Normalizasyonu

MinMaxScaler standardizasyonu, bilgiyi standartlaştırmaya yönelik en yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardan biridir. Bu yaklaşımda, her bileşen için, o elemanın temel tahmini 0'a, en uç değer 1'e ve her bir değer 0 ile 1 aralığında bir ondalık sayıya dönüştürülmektedir (Raju vd., 2020: 730).

$$X' = \frac{(X - \min(X))}{\max(X) - \min(X)}$$

Çalışmada, uygulama öncesinde tahmini yapılacak her bir hedef değişken/bağımlı değişken için ayrılan X verisi MinMaxScaler aracılığı ile normalize edilmiş ve bağımsız değişkenler (Y) herhangi bir işlem yapılmadan olduğu gibi bırakılmıştır.

3.3.2.1.3. Hiper Parametre Seçimi

Her bir makine öğrenmesi algoritması, uygulama aşamasında kendi varsayılan (default) değerleri ile çalışmaktadır. Bununla birlikte, her veri setinin aynı algoritmanın farklı parametreleri ile başarılı olma şansı vardır ve algoritma hiper parametrelerinin tahmin performansı, sağlamlığı ve genelleme yeteneği üzerinde

büyük etkisi vardır. Bu nedenle modelin hiper parametrelerinin optimal değerlerini bulmak ve veriye aşırı uyum (overfitting) sorunlarını önlemek ve modellerin bilinmeyen veriler üzerindeki performansını analiz etmek amacıyla, en uygun hiper parametreleri seçmek için, bu çalışmada, otomatik bir yöntem olan GridSearchCV kullanılmıştır. Bu yöntemde belirlenmesi istenen parametreler ve denenmesi istenen değerler birlikte verilmektedir (Uğurlu vd., 2023: 1741).

Tablo 4: Uygulanan Modeller için Hiper Parametreler

Model	Parametre Ayarı
Decision Tree	'max_depth': [None, 2, 4, 6, 8, 10], 'min_samples_split': [2, 5, 10], 'min_samples_leaf': [1, 2, 4]
Random Forest	'max_depth': [None, 2, 4, 6, 8, 10], 'min_samples_split': [2, 5, 10], 'min_samples_leaf': [1, 2, 4], 'n_estimators': [10, 50, 100, 200]
XGBoost	'max_depth': [3, 4, 5, 6, 7], 'n_estimators': [50, 100, 150, 200], 'learning_rate': [0.01, 0.05, 0.1, 0.2]
Extra Trees	'max_depth': [None, 2, 4, 6, 8, 10], 'min_samples_split': [2, 5, 10], 'min_samples_leaf': [1, 2, 4], 'n_estimators': [50, 100, 200, 300]

Her bir model için belirlenen hiper parametreler Tablo 3'te gösterilmektedir. Çalışmada tahmin edilen her değişken için uygulanan modellerde aynı parametreler uygulanmıştır. Bununla birlikte, veri seti kısıtlı olduğu için, çapraz doğrulama (cross validation) için 2'ye bölünmüştür.

3.3.2.1.4. Model Performansının Değerlendirilmesi

Algoritmaların başarılarının incelenmesi için sonuçların doğruluğunu niceliksel olarak ölçecek ölçüm yöntemlerine ihtiyaç vardır. Çalışmada, tahmin süreçlerinde başarı durumunu ölçmek için yaygın olarak kullanılan Belirleme Katsayısı (R^2), Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE) değerleri dikkate alınmaktadır.

R^2 değeri, elde edilen verilerin doğrusal bir eğriye nasıl uyum sağladığının en iyi ölçütüdür. R^2 değeri için üst sınır 1 olarak kabul edilmektedir; herhangi bir alt sınır mevcut olmasa da değerin 0 olması kötü bir uyum olarak belirtilirken, negatif değerler daha kötü bir uyum olduğunu göstermektedir. R^2 değeri 1'e yaklaştıkça

modelin gerçek değerlerle daha uyumlu sonuçlar verdiği, daha iyi bir tahmin sağladığı kabul edilmektedir (Akbulut ve Arslan, 2022: 86).

R^2 'nin aksine, MAE, RMSE ve MAPE değerleri için alt sınır 0 olarak belirlenmiştir ve söz konusu değerlerin 0 olması mükemmel bir uyumu ifade etmektedir. Daha kötü performans gösteren modeller için söz konusu değerler artmaktadır (Chicco vd., 2021: 4). Bununla birlikte, Lewis (1982) MAPE değeri için elde edilen sonuçları Tablo 4'te gösterilen değerler ile sınıflandırmıştır (Akt: Önen, 2020: 38).

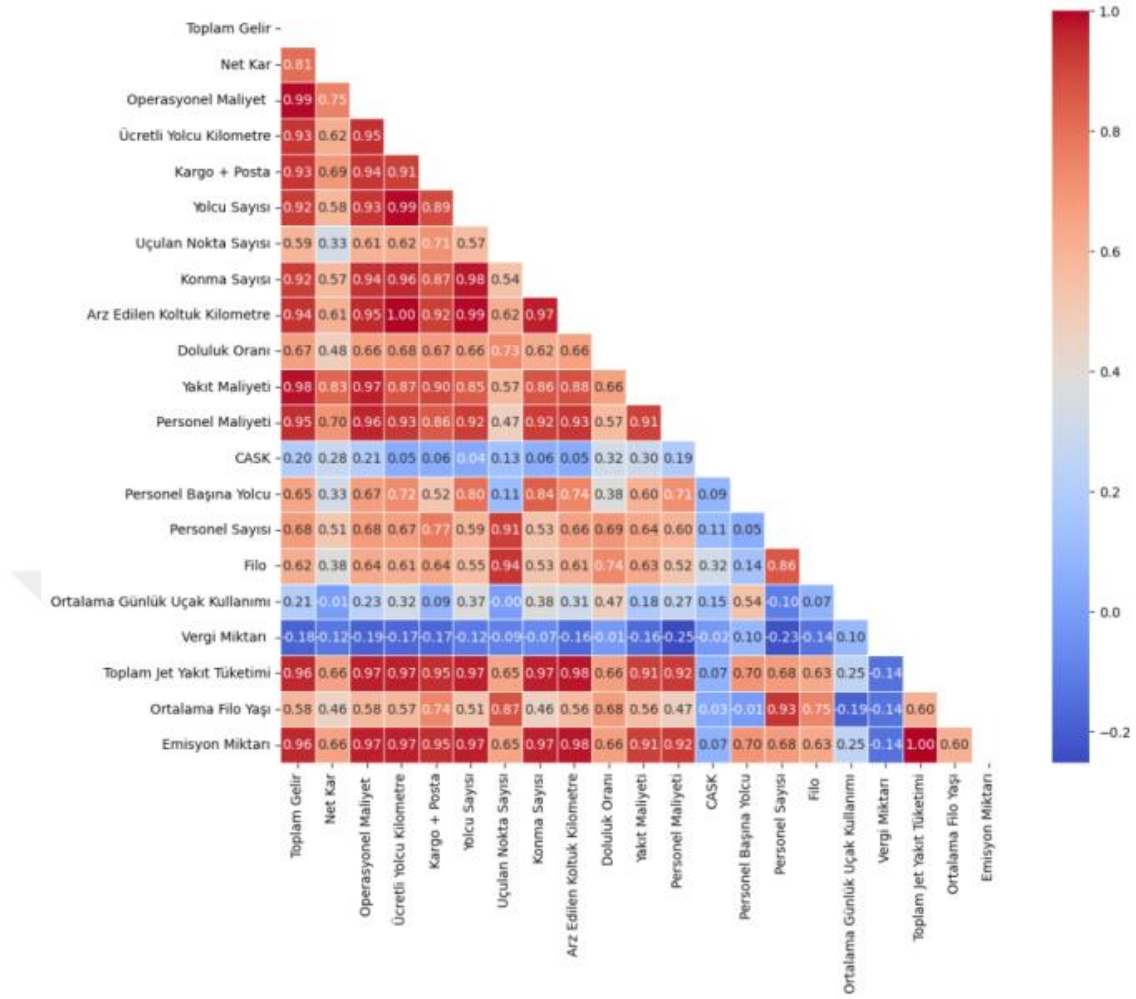
Tablo 5: MAPE Sınıflandırması

MAPE Değeri	Sonuç
<%10	Çok iyi
%10-20	İyi
%20-50	Kabul edilebilir
>%50	Yanlış ve hatalı

Kaynak: Önen, 2020

3.3.2.1.5. Korelasyon Matrisi

Korelasyon analizi olarak da adlandırılan korelasyon, iki veya daha fazla değişkenin ilişkili olup olmadığını değerlendirmenin niceliksel bir yoludur. Değişkenler arasındaki ilişkinin "gücünü" veya "kapsamını" ve aynı zamanda yönünü ölçmektedir (Filzmoser ve Hron, 2009: 905; Gogtay ve Thatte, 2017: 78).



Şekil 1: Korelasyon Matrisi

Çalışmada kullanılan değişkenlerin korelasyon matrisi Şekil 1’de gösterilmektedir. Korelasyon matrisinde, değişkenlerin arasındaki ilişkiler ilişki seviyesine göre -0,2 ve 1,0 değer aralığında kırmızı ve mavi renklerle ifade edilmektedir. Buna göre eğer değişkenler arasında güçlü bir ilişki var ise değer 1’e veya -1’e yakın ve koyu kırmızı/koyu mavi olarak gösterilmektedir. Söz konusu ilişkinin şiddeti azaldıkça değer 1’den uzaklaşmakta ve daha açık kırmızı/açık mavi ile ifade edilmektedir. Bununla birlikte, değişkenlerin arasındaki ilişki çok düşük seviyelerde görülüyor ise değer 0’ya yaklaşmakta ve açık mavi renk ile gösterilmektedir.

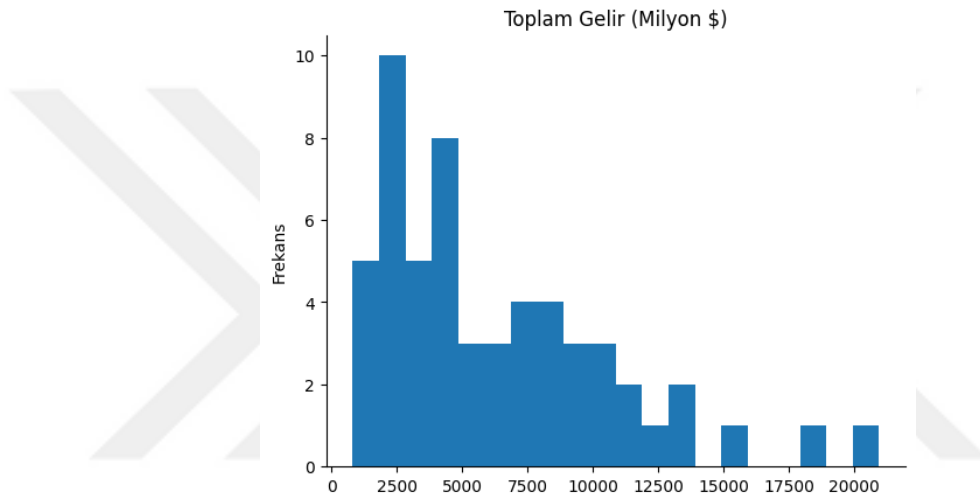
3.3.2.2. Finansal Boyut İçin Uygulama Sonuçları

Çalışma kapsamında dengeli puan kartının finansal boyutunda belirlenen değişkenler Tablo 1’de gösterilmektedir. Makine öğrenmesi ile tahmin uygulaması

söz konusu değişkenler arasından; toplam gelir ve operasyonel maliyet değişkenleri için gerçekleştirilmektedir.

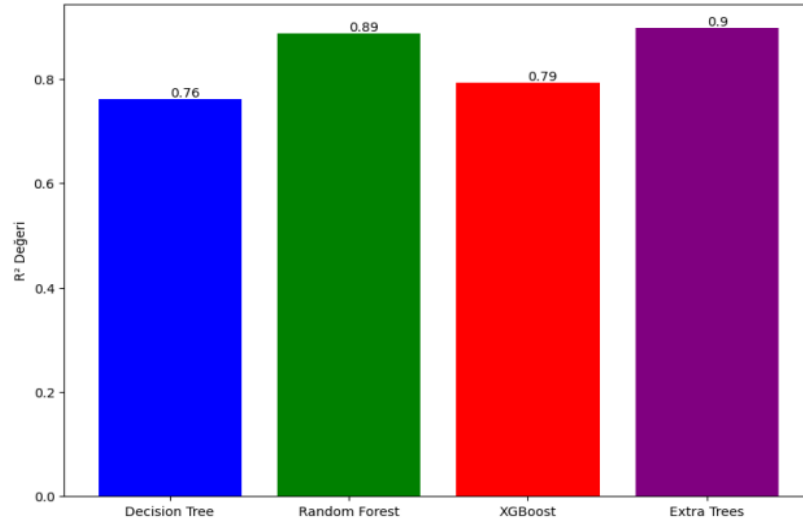
3.3.2.2.1. Toplam Gelir

Toplam gelir değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



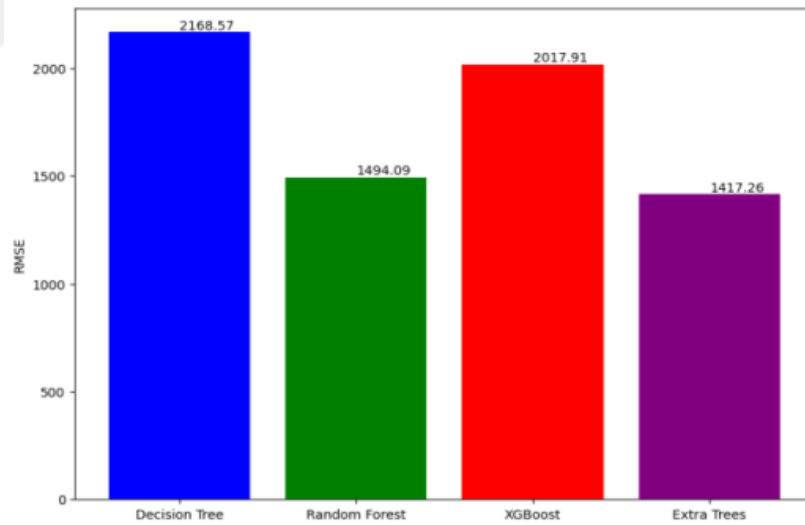
Şekil 2: Toplam Gelir Değişkeni Veri Dağılım Grafiği

Toplam gelir değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 2’de gösterilmektedir. Şekil 2’den de görülebileceği gibi, toplam gelir değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 2.500-5.000 aralığında toplansa da, veri setinde 17.500-20.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



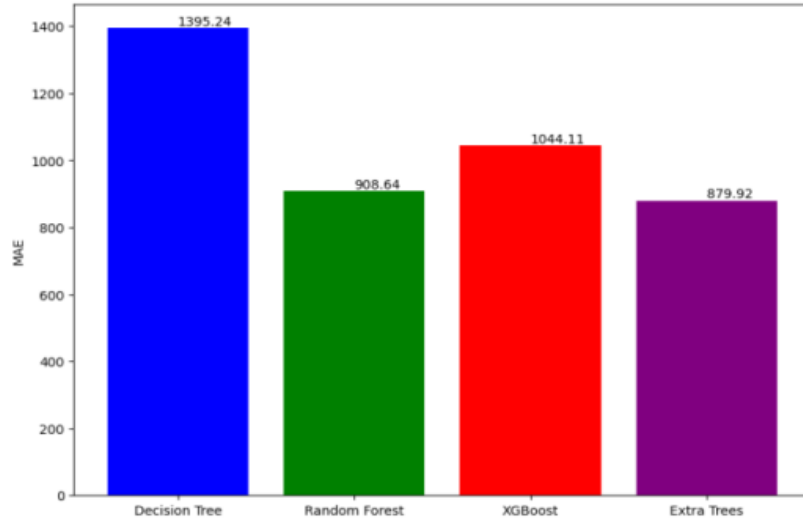
Şekil 3: Toplam Gelir Değişkeni R² Değerleri

Toplam gelir değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 3'te gösterilmektedir. Şekil 3'ten de görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %90 olarak extra trees yöntemi ile en düşük R² değeri ise %76 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



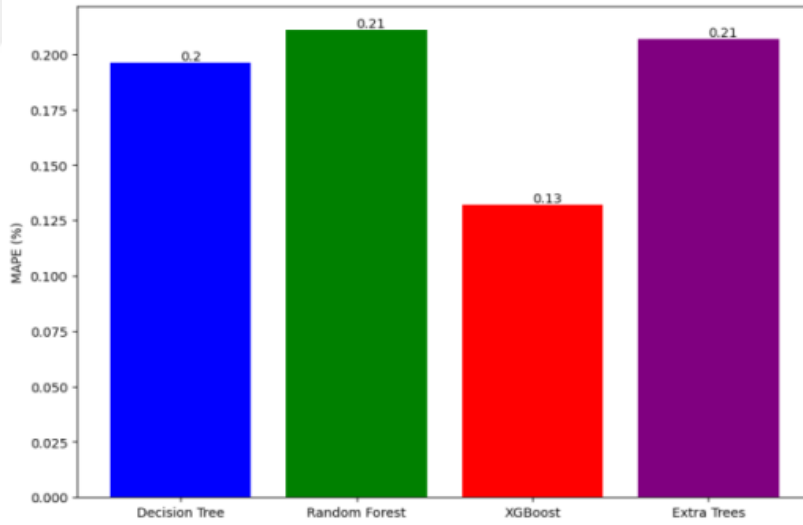
Şekil 4: Toplam Gelir Değişkeni RMSE Değerleri

Toplam gelir değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 4'te gösterilmektedir. Şekil 4'ten de görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 1.417,26 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 2.168,57 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



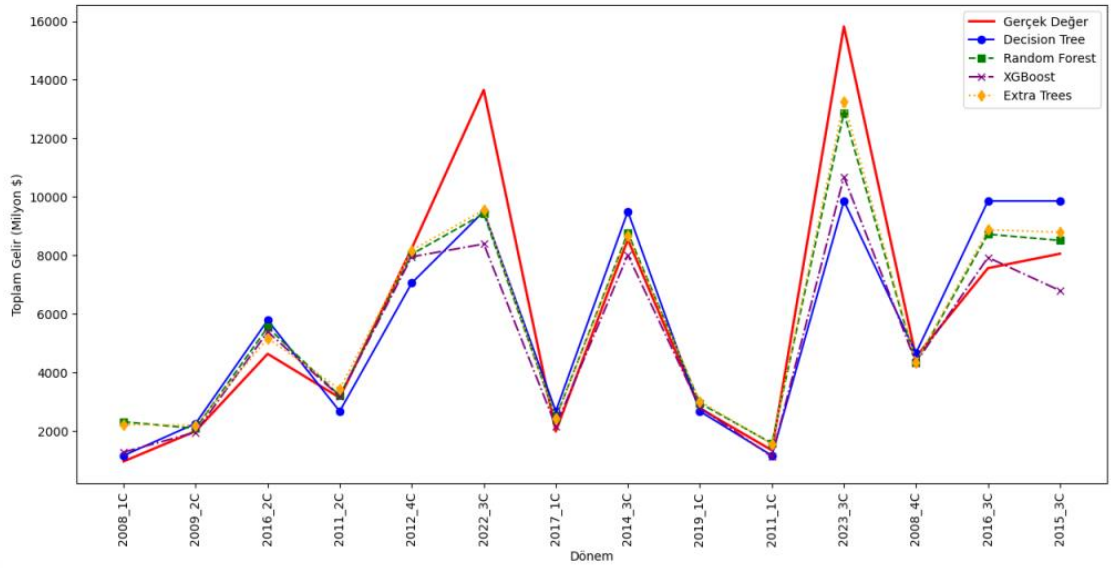
Şekil 5: Toplam Gelir Değişkeni MAE Değerleri

Toplam gelir değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 5'te gösterilmektedir. Şekil 5'ten de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 879,92 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 1.395,24 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 6: Toplam Gelir Değişkeni MAPE Değerleri

Toplam gelir değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekil 6'dan da görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %13 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek MAPE değeri ise %21,1 olarak random forest ve extra trees yöntemleri ile elde edilmiştir.

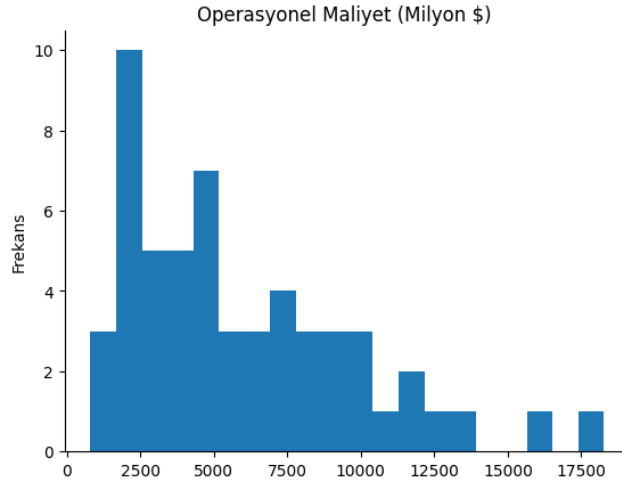


Şekil 7: Toplam Gelir Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 7’de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar sunan modelin extra trees olduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı şekilden de açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, model Covid-19 öncesi dönemlerde gerçek değerlere daha yakın sonuçlar sunarken sonrasında daha uzak sonuçlar sunmaktadır, ancak 2022 yılının 3. çeyreğindeki uzaklığın 2023 yılının 3. çeyreğinde azaldığı görülmektedir.

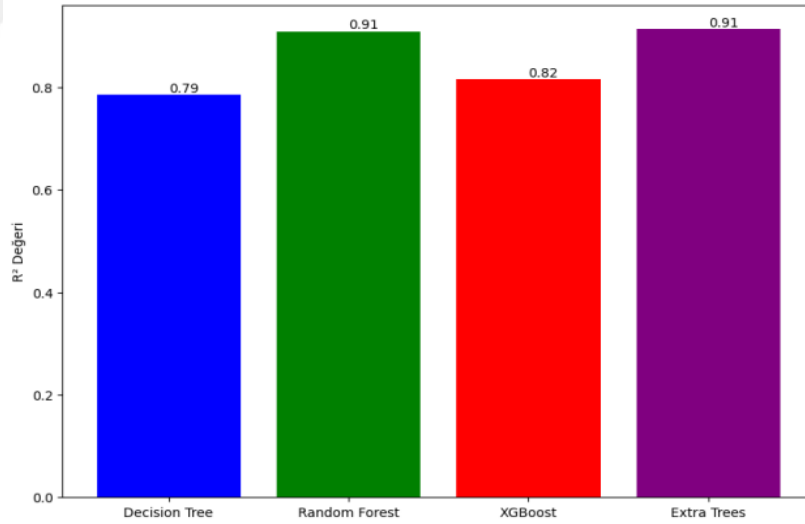
3.3.2.2.2. Operasyonel Maliyet

Operasyonel maliyet değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; net kar ve toplam gelir dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



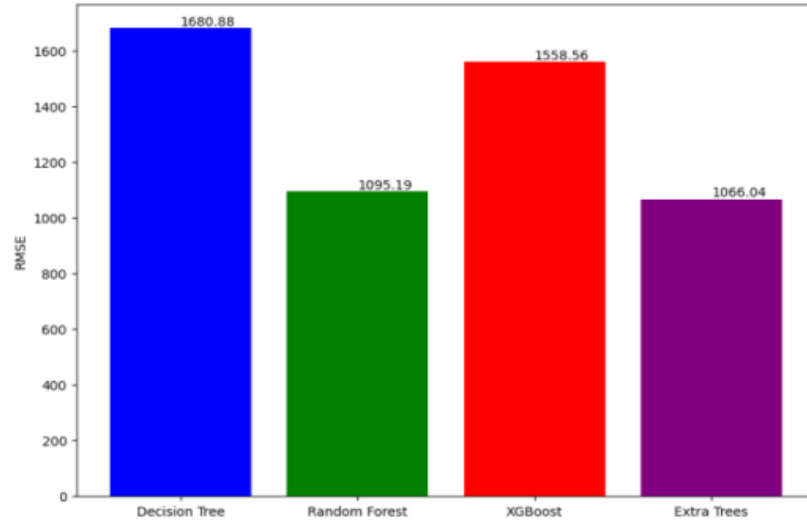
Şekil 8: Operasyonel Maliyet Değişkeni Veri Dağılım Grafiği

Operasyonel maliyet değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 8’de gösterilmektedir. Şekil 8’den de görülebileceği gibi operasyonel maliyet değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 2.500-5.000 aralığında toplansa da veri setinde 15.000-17.500 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



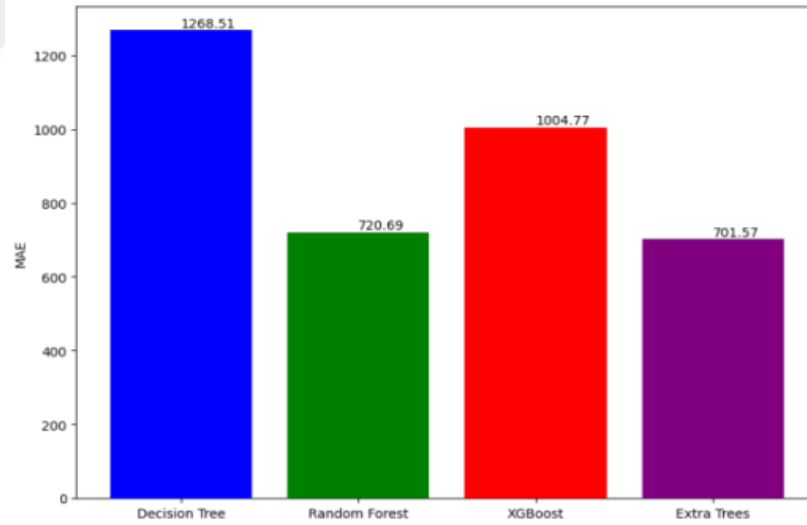
Şekil 9: Operasyonel Maliyet Değişkeni R² Değerleri

Operasyonel maliyet değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 9’da gösterilmektedir. Şekil 9’dan da görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %91,3 olarak extra trees yöntemi ile en düşük R² değeri ise %79 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



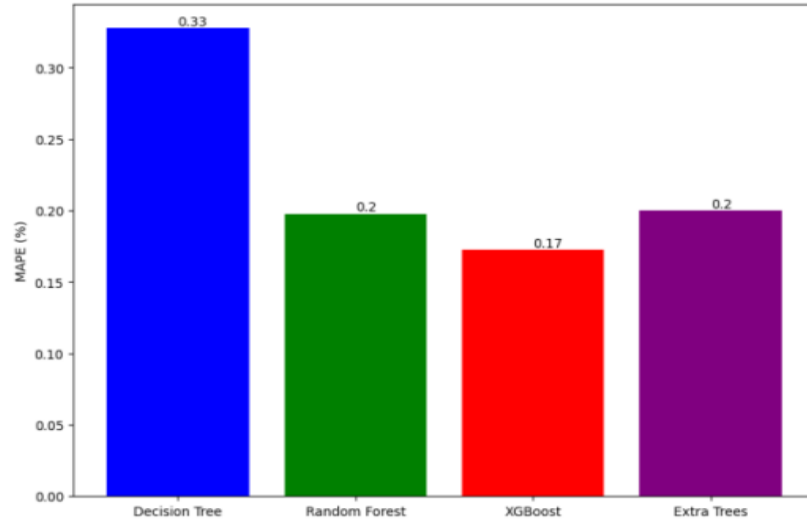
Şekil 10: Operasyonel Maliyet Değişkeni RMSE Değerleri

Operasyonel maliyet değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 10'da gösterilmektedir. Şekil 10'dan da görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 1.066,04 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 1.680,88 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



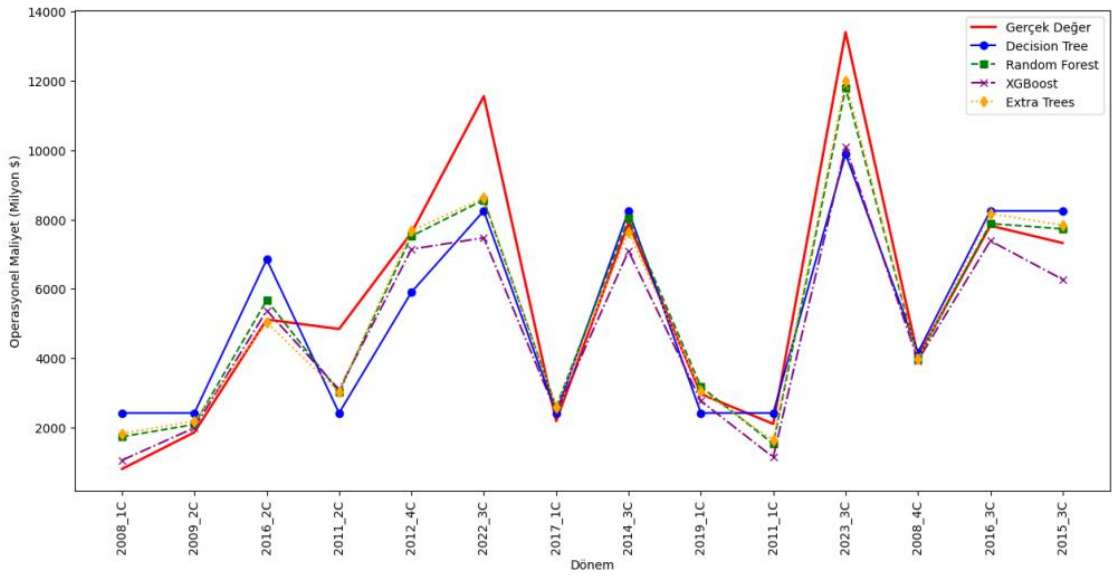
Şekil 11: Operasyonel Maliyet Değişkeni MAE Değerleri

Operasyonel maliyet değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 11'de gösterilmektedir. Şekil 11'den de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 701,57 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 1.268,51 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 12: Operasyonel Maliyet Değişkeni MAPE Değerleri

Operasyonel maliyet değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 12’de gösterilmektedir. Şekil 12’den de görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %17 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek MAPE değeri ise %33 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 13: Operasyonel Maliyet Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 13’de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar sunan modelin extra trees olduğu aynı zaman da random forest modelinin de benzer bir

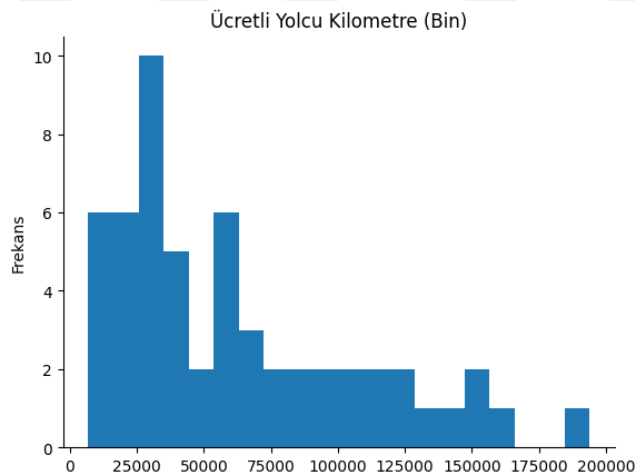
eğilim gösterdiği ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, model covid-19 öncesi dönemlerde gerçek değerlere daha yakın sonuçlar sunarken sonrasında daha uzak sonuçlar sunmaktadır, ancak 2022 yılının 3. çeyreğindeki uzaklığın 2023 yılının 3. çeyreğinde azaldığı görülmektedir.

3.3.2.3. Müşteri Boyutu İçin Uygulama Sonuçları

Çalışma kapsamında dengeli puan kartının müşteri boyutunda belirlenen değişkenler Tablo 1’de gösterilmektedir. Makine öğrenmesi ile tahmin uygulaması söz konusu değişkenler arasından; ücretli yolcu kilometre, yolcu sayısı ve kargo ve posta değişkenleri için gerçekleştirilmektedir.

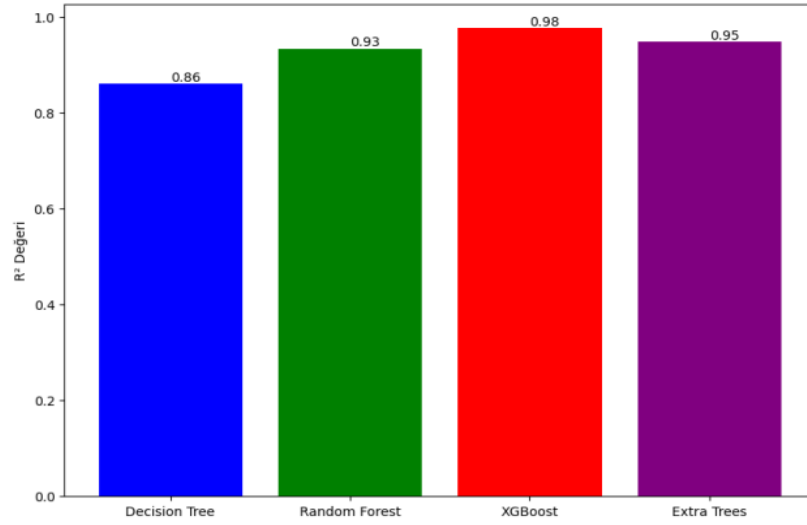
3.3.2.3.1. Ücretli Yolcu Kilometre

Ücretli yolcu kilometre değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



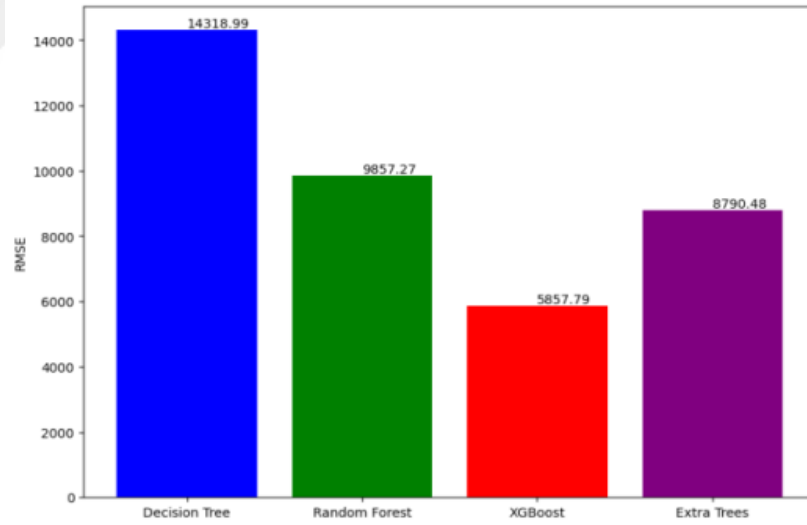
Şekil 14: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni Veri Dağılımı

Ücretli yolcu kilometre değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 14’te gösterilmektedir. Şekil 14’ten de görülebileceği üzere ücretli yolcu kilometre değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 25.000-50.000 aralığında toplansa da veri setinde 175.000-200.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



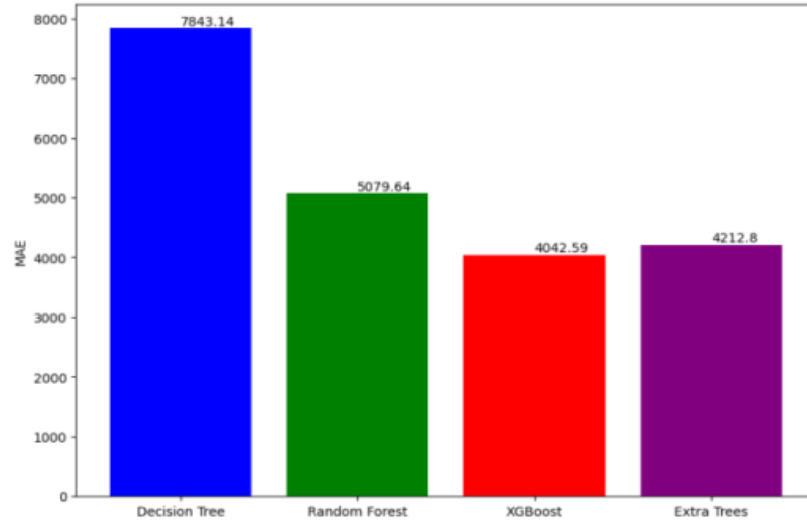
Şekil 15: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni R² Değerleri

Ücretli yolcu kilometre değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 15'te gösterilmektedir. Şekil 15'ten de görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %98 olarak XGBoost yöntemi ile en düşük R² değeri ise %86 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



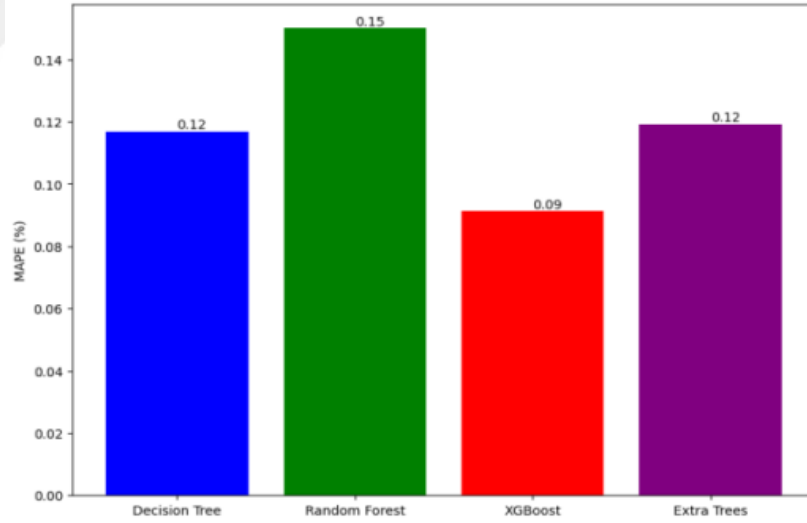
Şekil 16: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni RMSE Değerleri

Ücretli yolcu kilometre değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 16'da gösterilmektedir. Şekil 16'dan da görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 5.857,79 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 14.318,99 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



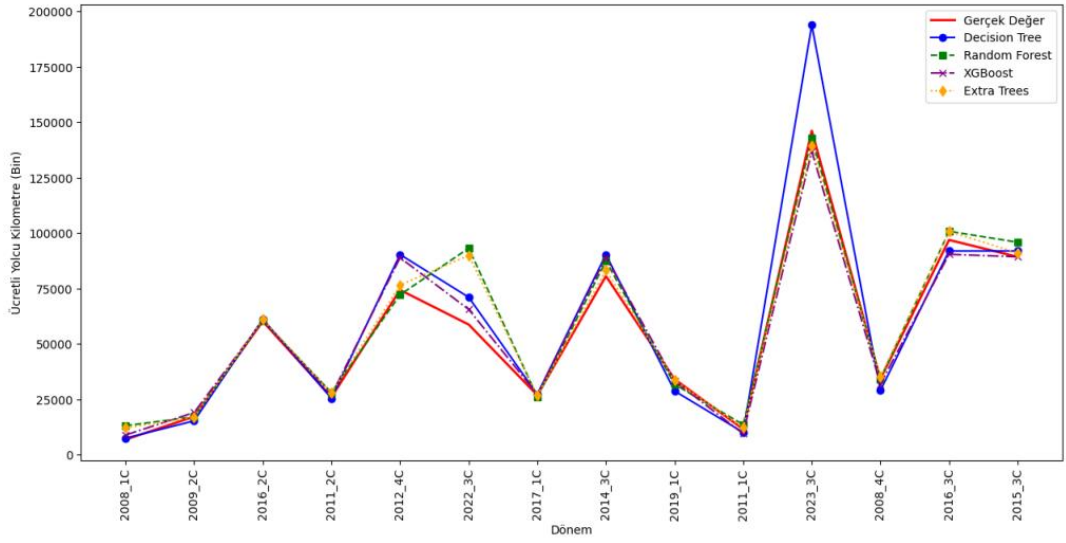
Şekil 17: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni MAE Değerleri

Ücretli yolcu kilometre değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 17’de gösterilmektedir. Şekil 17’den de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 4.042,59 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 7.843,14 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 18: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni MAPE Değerleri

Ücretli yolcu kilometre değişkeni için dört farklı modelin uygulaması sonucu elde edilen MAPE değerleri Şekil 18’de gösterilmektedir. Şekil 18’den de görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %9 olarak XGBoost modeli ile en yüksek MAPE değeri ise %15 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir.

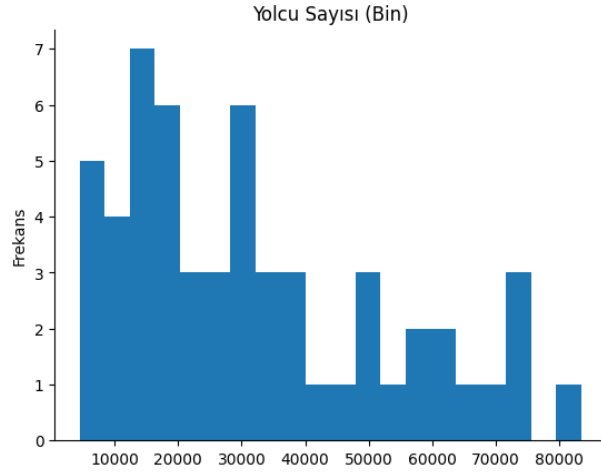


Şekil 19: Ücretli Yolcu Kilometre Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 19’da gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar elde edilen modelin XGBoost olduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, model gerçek değerler oldukça yakın değerler sunmaktadır.

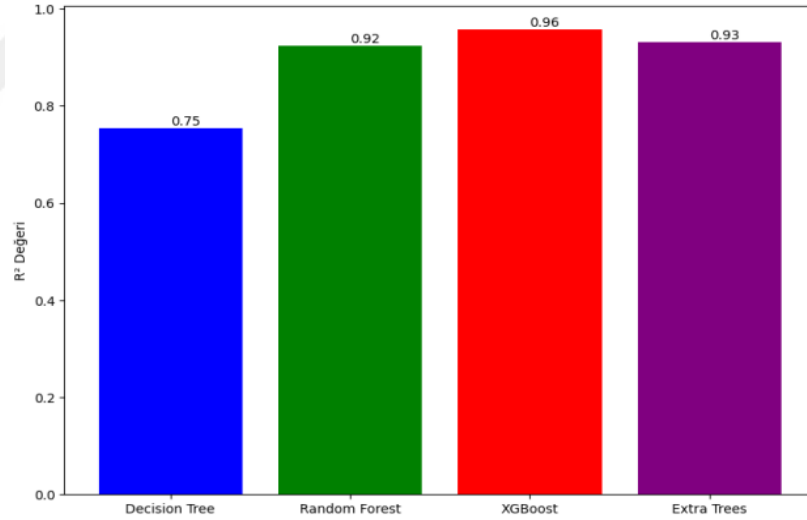
3.3.2.3.2. Yolcu Sayısı

Yolcu sayısı değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



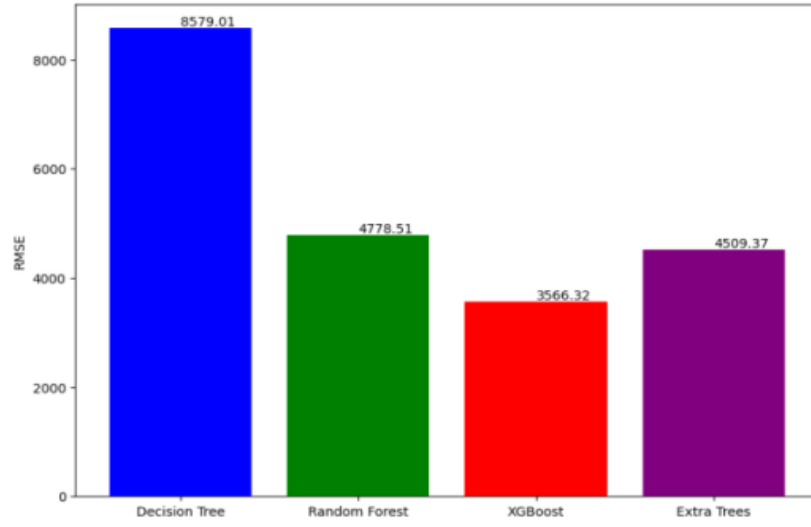
Şekil 20: Yolcu Sayısı Değişkeni Veri Dağılımı

Yolcu sayısı değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 20’de gösterilmektedir. Şekil 20’den de görülebileceği üzere yolcu sayısı değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 10.000-30.000 aralığında toplansa da veri setinde 70.000-80.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



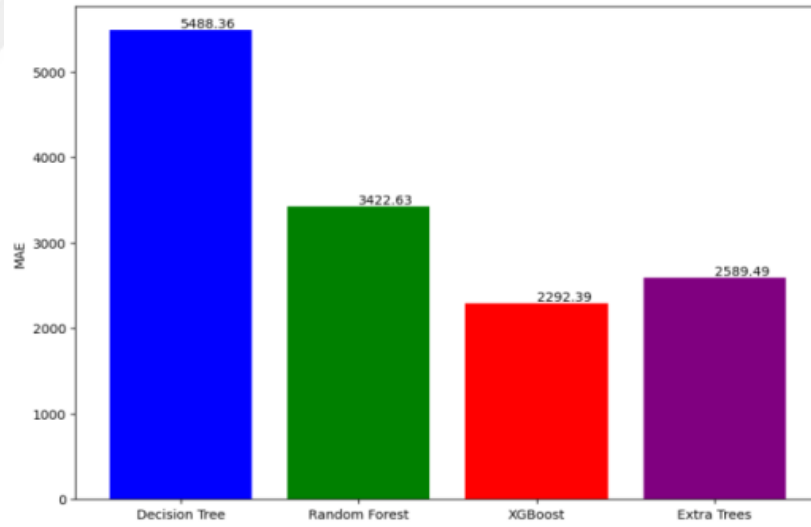
Şekil 21: Yolcu Sayısı Değişkeni R² Değerleri

Yolcu sayısı değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 21’de gösterilmektedir. Şekil 21’den de görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %96 olarak XGBoost yöntemi ile en düşük R² değeri ise %75 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



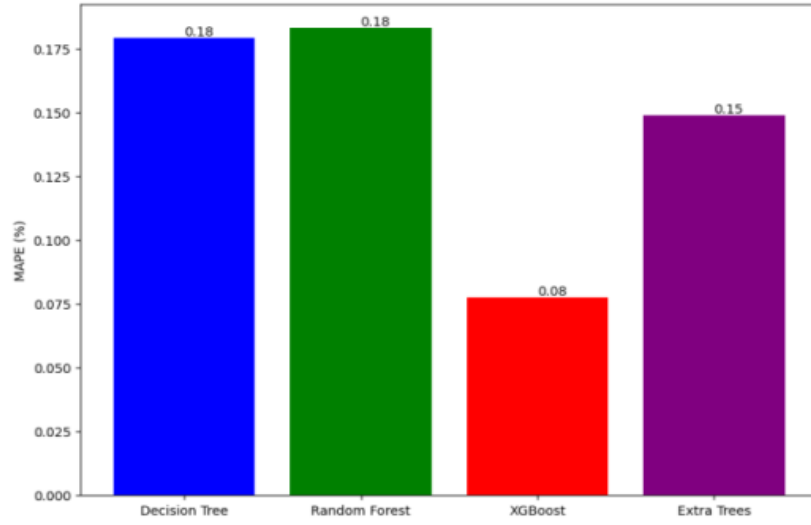
Şekil 22: Yolcu Sayısı Değişkeni RMSE Değerleri

Yolcu sayısı değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 22’de gösterilmektedir. Şekil 22’den de görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 3.566,32 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 8.579,01 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



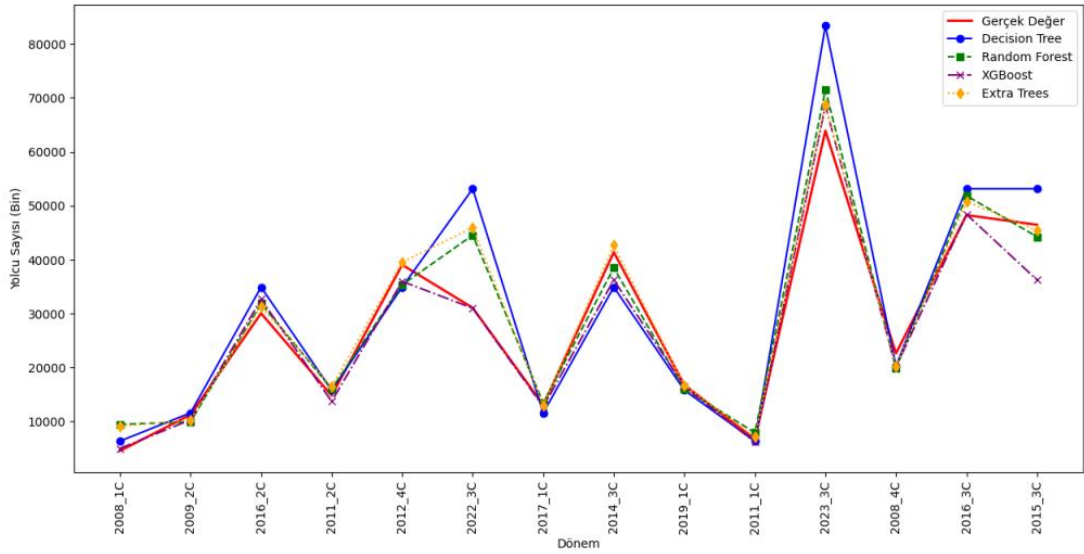
Şekil 23: Yolcu Sayısı Değişkeni MAE Değerleri

Yolcu sayısı değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 23’te gösterilmektedir. Şekil 23’ten de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 2.292,39 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 5.488,36 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 24: Yolcu Sayısı Değişkeni MAPE Değerleri

Yolcu sayısı değişkeni için her bir modelin uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 24'te gösterilmektedir. Şekil 24'ten de görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %8 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek MAPE değeri ise %18,3 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir.

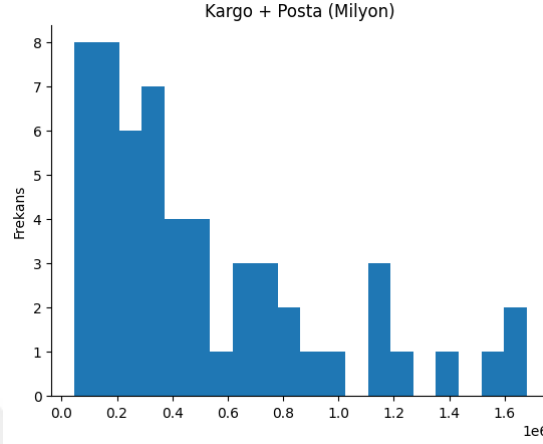


Şekil 25: Yolcu Sayısı Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 25'de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar elde edilen modelin XGBoost olduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, model gerçek değerler oldukça yakın değerler sunmaktadır.

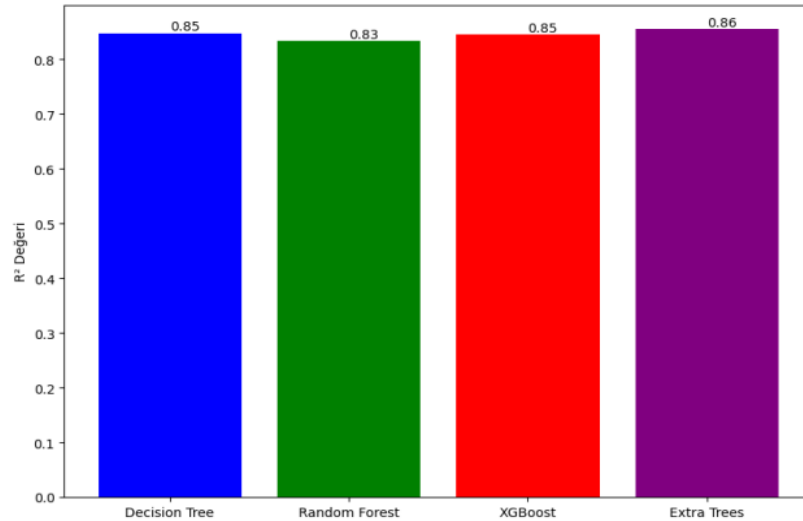
3.3.2.3.3. Kargo ve Posta

Kargo ve posta değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3'te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



Şekil 26: Kargo ve Posta Değişkeni Veri Dağılımı

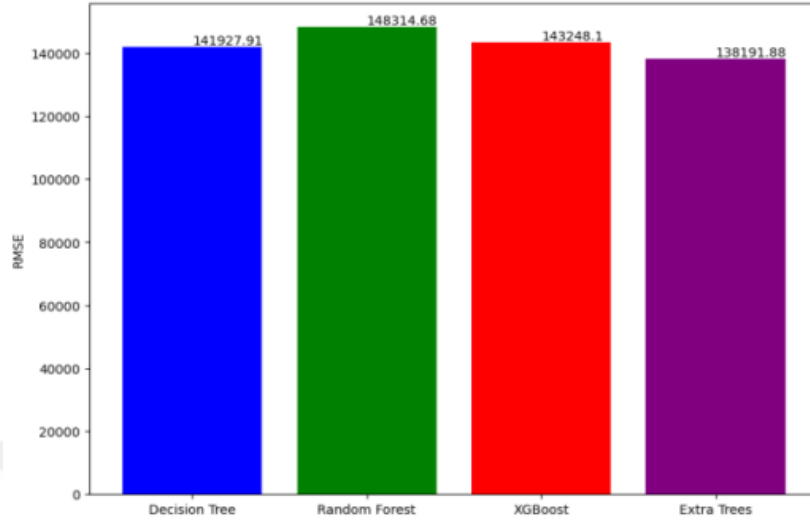
Kargo ve posta değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 26'da gösterilmektedir. Şekil 26'dan da görülebileceği üzere kargo ve posta değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 0.2-0.4 aralığında toplansa da veri setinde 1.2-1.6 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



Şekil 27: Kargo ve Posta Değişkeni R² Değerleri

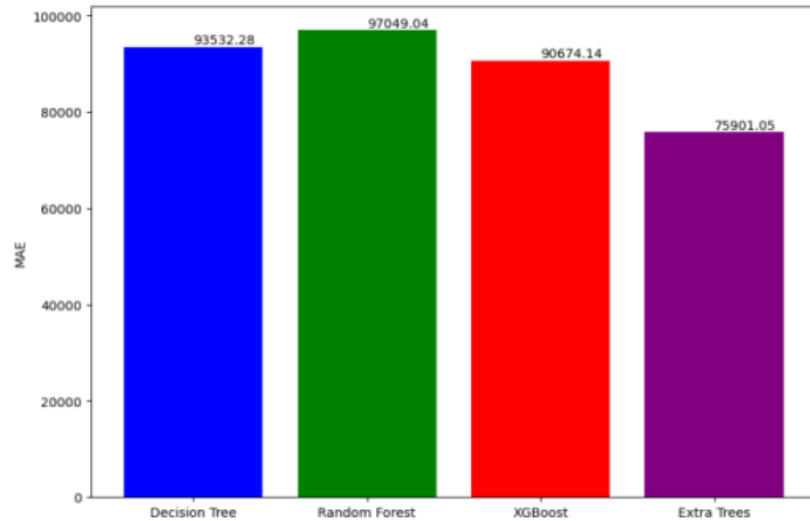
Kargo ve posta değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 27'de gösterilmektedir. Şekil 27'den de görülebileceği gibi en

yüksek R^2 değeri %86 olarak extra trees yöntemi ile en düşük R^2 değeri ise %83 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir.



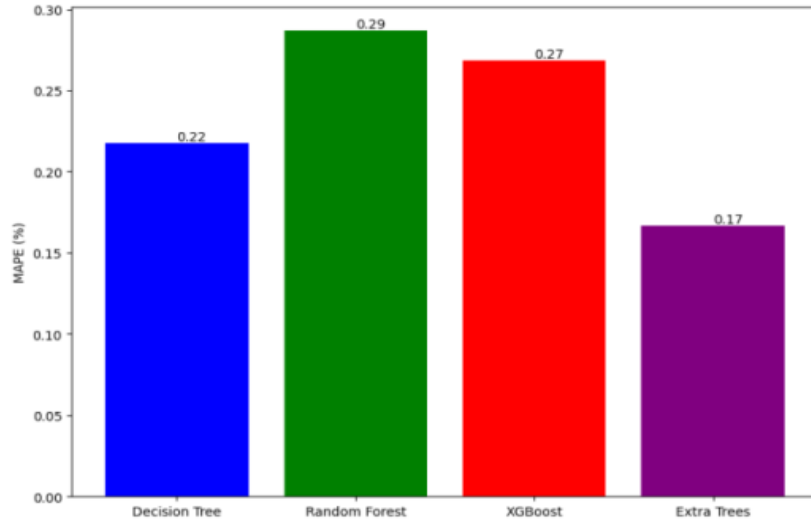
Şekil 28: Kargo ve Posta Değişkeni RMSE Değerleri

Kargo ve posta değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 28’de gösterilmektedir. Şekil 28’den de görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 138.191,88 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 148.314,68 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir.



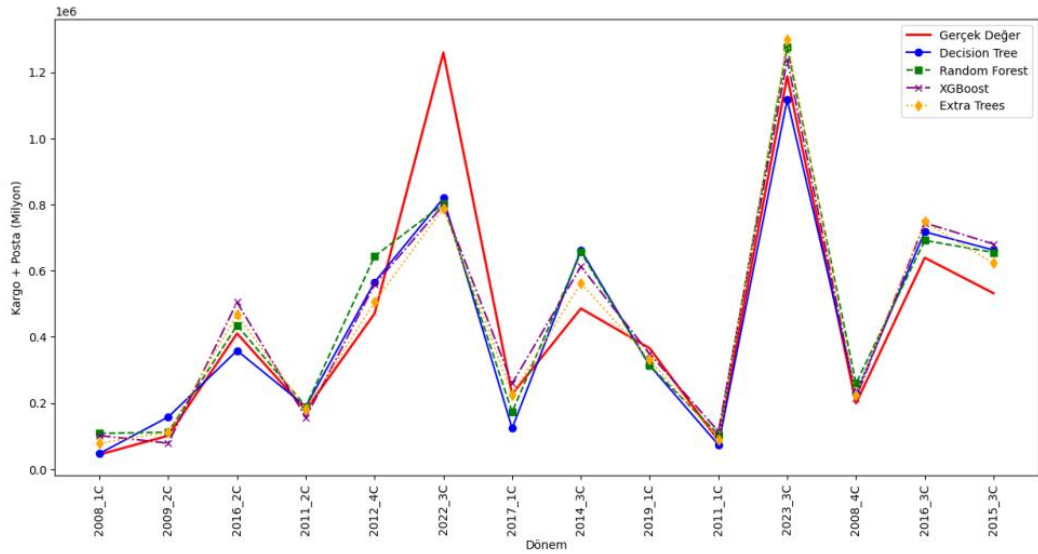
Şekil 29: Kargo ve Posta Değişkeni MAE Değerleri

Kargo ve posta değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 29’da gösterilmektedir. Şekil 29’dan da görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 75.901,05 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 97.049,04 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 30: Kargo ve Posta Değişkeni MAPE Değerleri

Kargo ve posta değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 30’da gösterilmektedir. Şekil 30’dan da görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %17 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAPE değeri ise %29 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 31: Kargo ve Posta Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 31’de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar elde edilen modelin XGBoost olduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, model 2022 yılının 3. çeyreği için aykırı

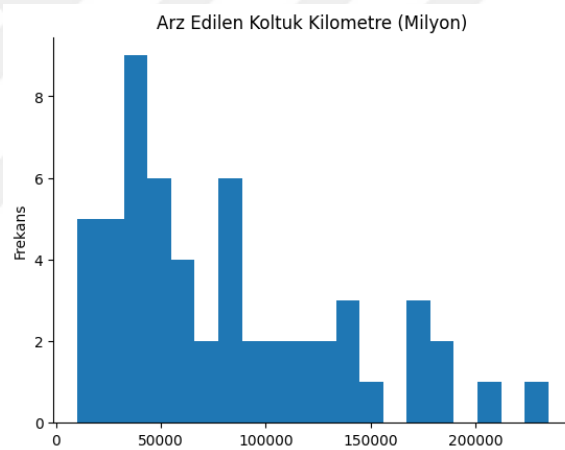
değer tahmin etse de genel olarak gerçek değerlere oldukça yakın değerler sunmaktadır.

3.3.2.4. İçsel Süreç Boyutu İçin Uygulama Sonuçları

Çalışma kapsamında dengeli puan kartının içsel süreç boyutunda belirlenen değişkenler Tablo 1’de gösterilmektedir. Makine öğrenmesi ile tahmin uygulaması söz konusu değişkenler arasından; arz edilen koltuk kilometre, yakıt maliyeti ve personel maliyeti değişkenleri için gerçekleştirilmektedir.

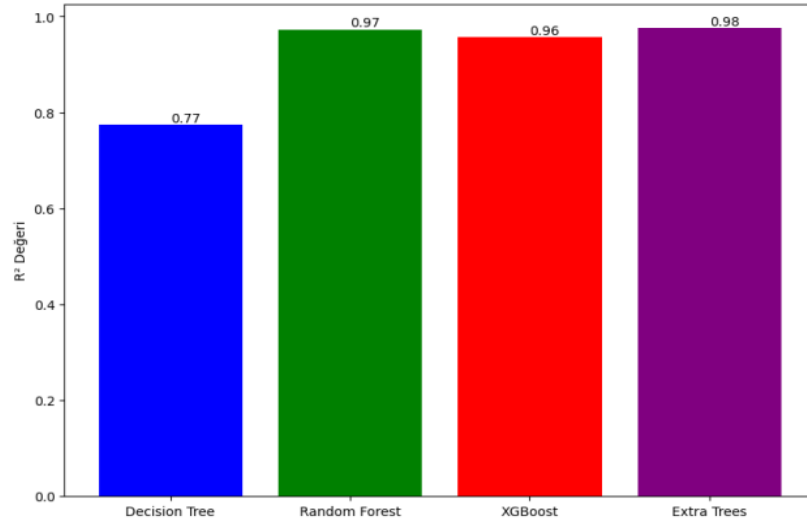
3.3.2.4.1. Arz Edilen Koltuk Kilometre

Arz edilen koltuk kilometre değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



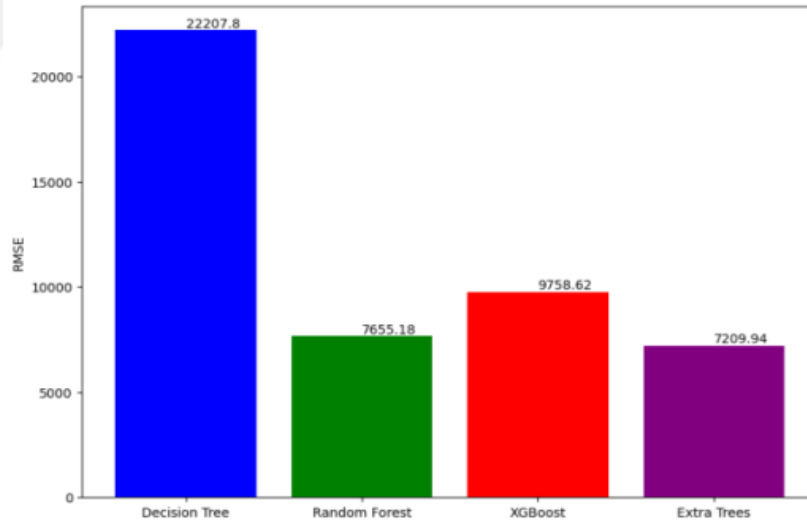
Şekil 32: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni Veri Dağılımı

Arz edilen koltuk kilometre değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 32’de gösterilmektedir. Şekil 32’den de görülebileceği üzere arz edilen koltuk kilometre değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 50.000 aralığında toplansa da veri setinde 200.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



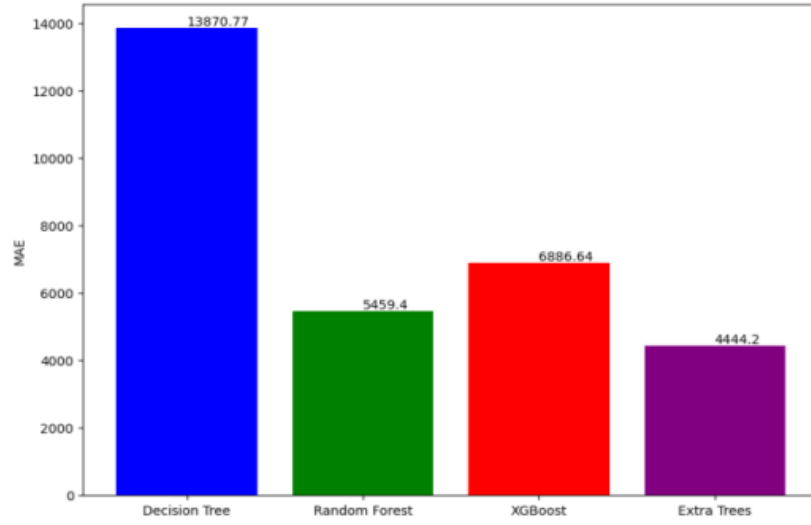
Şekil 33: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni R² Değerleri

Arz edilen koltuk kilometre değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 33'te gösterilmektedir. Şekil 33'ten de görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %98 olarak extra trees yöntemi ile en düşük R² değeri ise %77 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



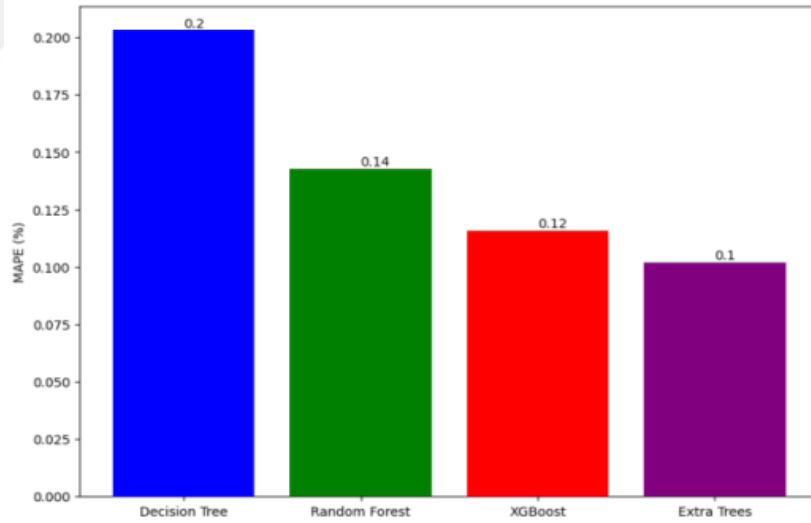
Şekil 34: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni RMSE Değerleri

Arz edilen koltuk kilometre değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 34'te gösterilmektedir. Şekil 34'ten de görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 7.209,94 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 22.207,8 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



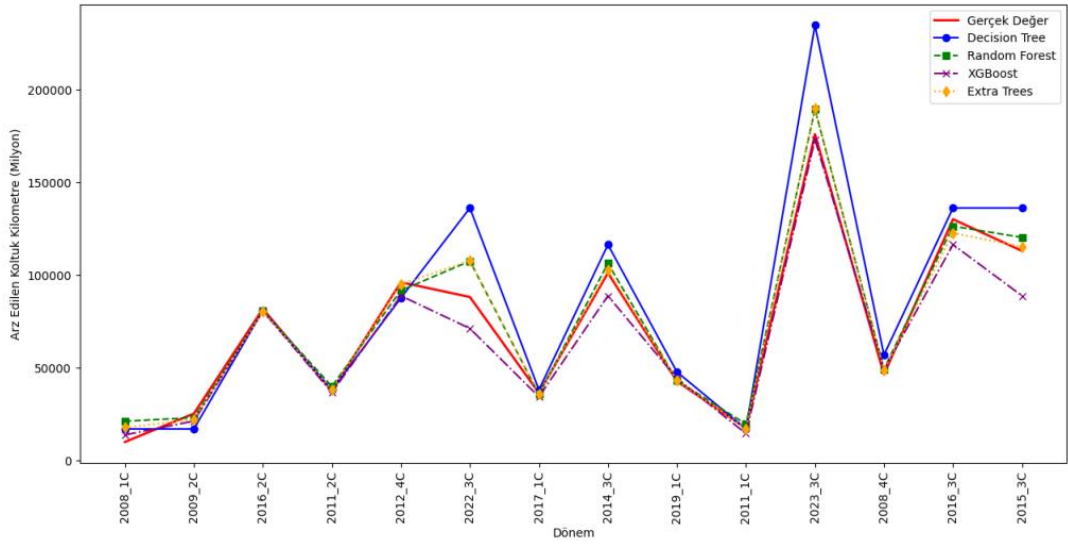
Şekil 35: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni MAE Değerleri

Arz edilen koltuk kilometre değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 35’te gösterilmektedir. Şekil 35’ten de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 4.444,2 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 13.870,77 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 36: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni MAPE Değerleri

Arz edilen koltuk kilometre değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 36’da gösterilmektedir. Şekil 36’dan da görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %10 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAPE değeri ise %20 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.

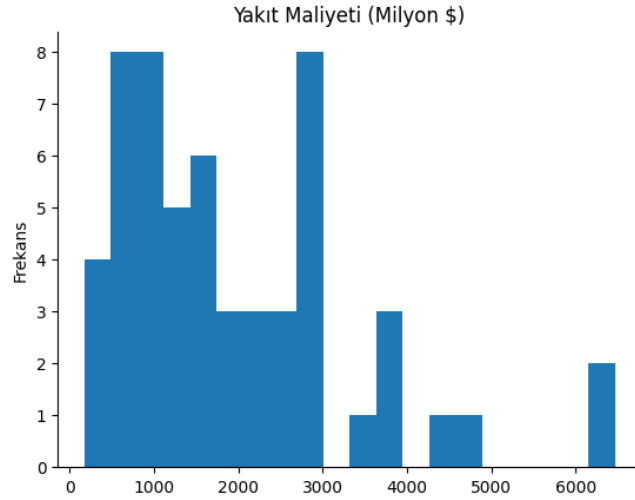


Şekil 37: Arz Edilen Koltuk Kilometre Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 37’de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar elde edilen modelin extra trees olduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, model gerçek değerler oldukça yakın değerler sunmaktadır.

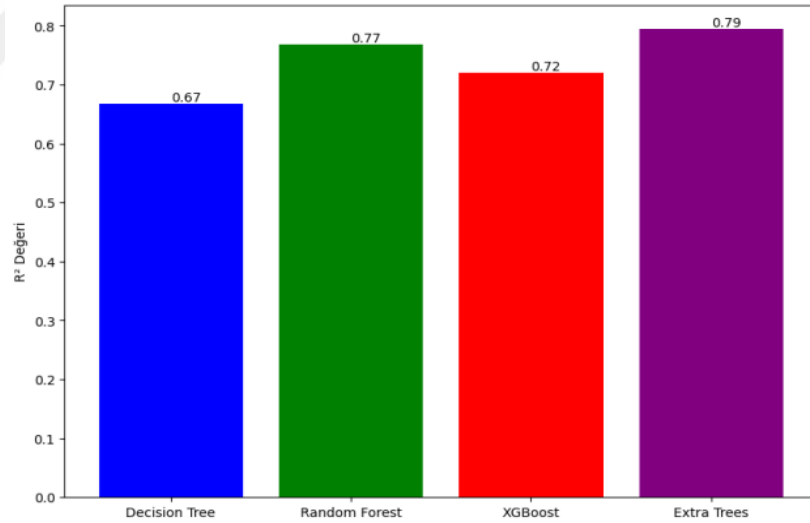
3.3.2.4.2. Yakıt Maliyeti

Yakıt maliyeti değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



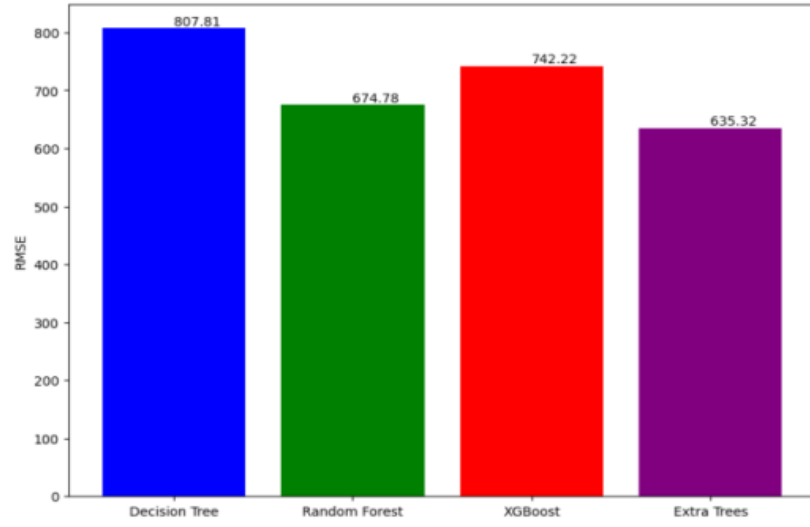
Şekil 38: Yakıt Maliyeti Değişkeni Veri Dağılımı

Yakıt maliyeti değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 38’de gösterilmektedir. Şekil 38’den de görülebileceği üzere yakıt maliyeti değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 1.000-3.000 aralığında toplansa da veri setinde 6.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



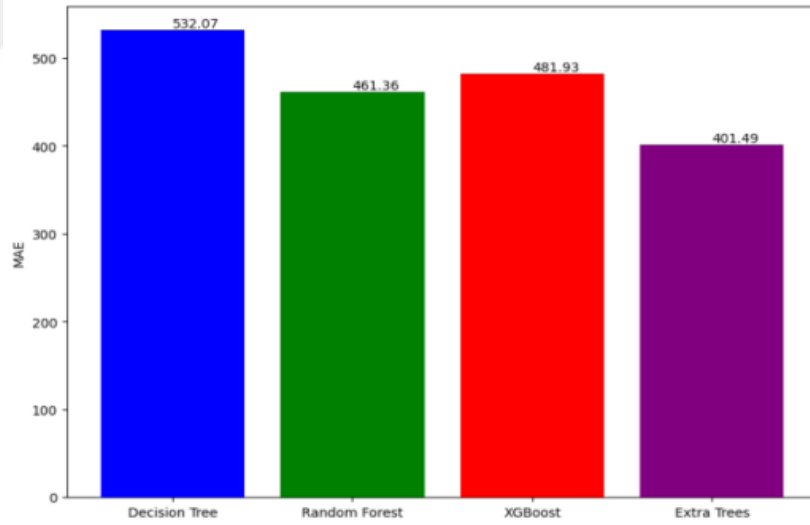
Şekil 39: Yakıt Maliyeti Değişkeni R² Değerleri

Yakıt maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 39’da gösterilmektedir. Şekil 39’dan da görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %79 olarak extra trees yöntemi ile en düşük R² değeri ise %67 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



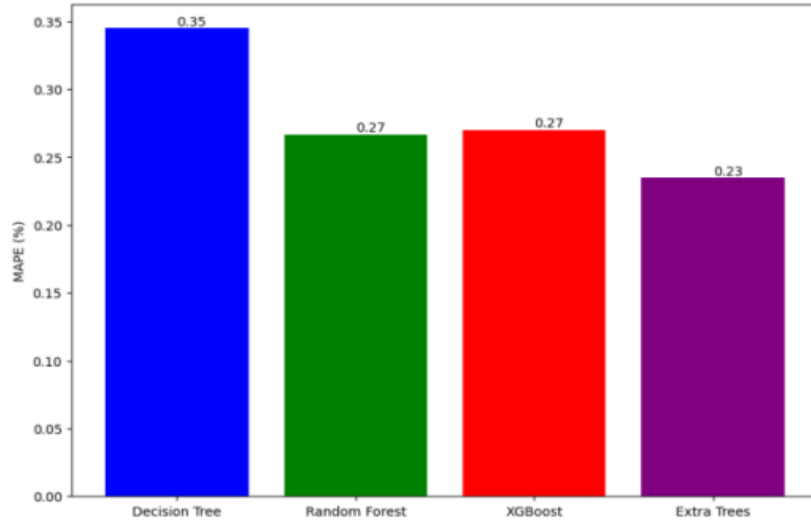
Şekil 40: Yakıt Maliyeti Değişkeni RMSE Değerleri

Yakıt maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 40'da gösterilmektedir. Şekil 40'dan da görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 635,32 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 807,81 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



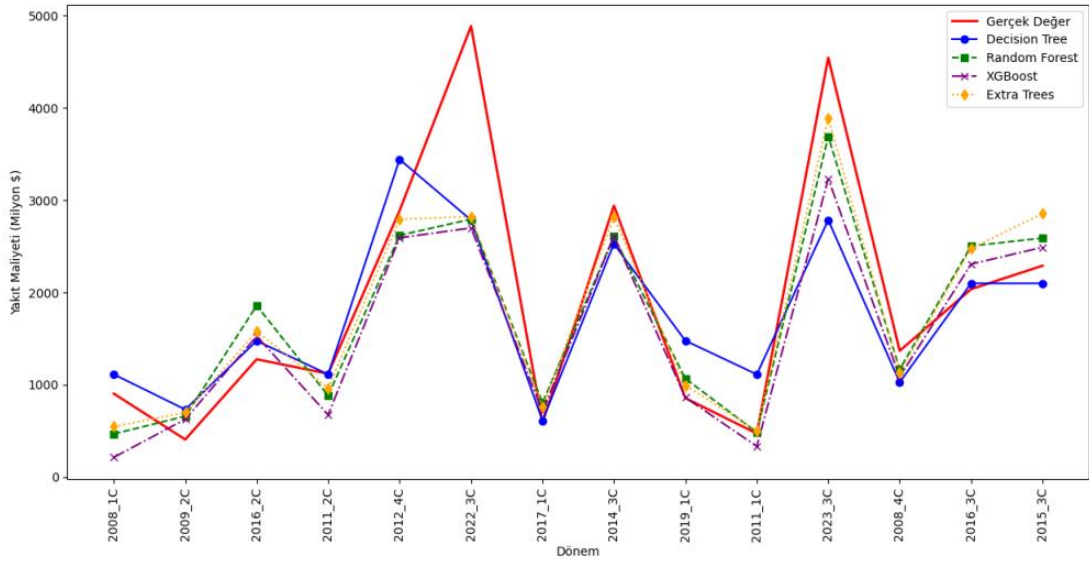
Şekil 41: Yakıt Maliyeti Değişkeni MAE Değerleri

Yakıt maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 41'de gösterilmektedir. Şekil 41'den de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 401,49 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 532,07 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 42: Yakıt Maliyeti Değişkeni MAPE Değerleri

Yakıt maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 42’de gösterilmektedir. Şekil 42’den de görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %23 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAPE değeri ise %35 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



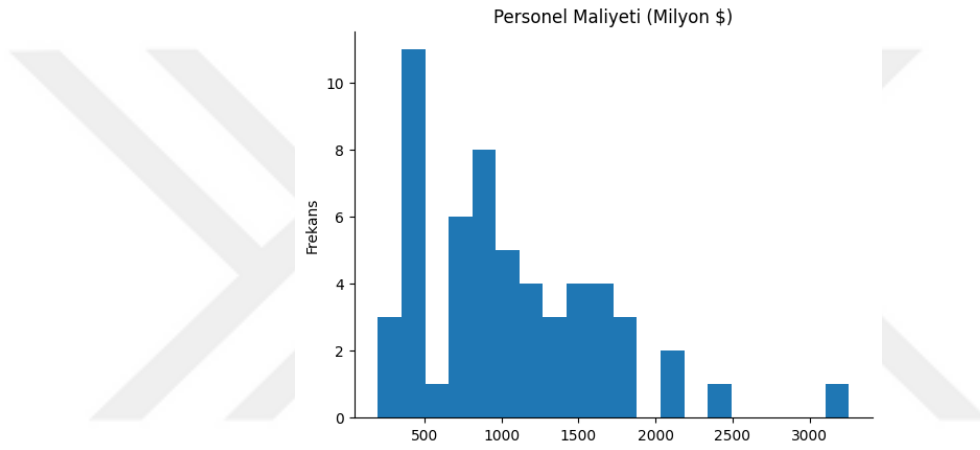
Şekil 43: Yakıt Maliyeti Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 43’de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar elde edilen modelin extra trees olduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de

açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, model covid-19 öncesi dönemlerde gerçek değerlere daha yakın sonuçlar sunarken sonrasında daha uzak sonuçlar sunmaktadır, ancak 2022 yılının 3. çeyreğindeki uzaklığın 2023 yılının 3. çeyreğinde azaldığı görülmektedir.

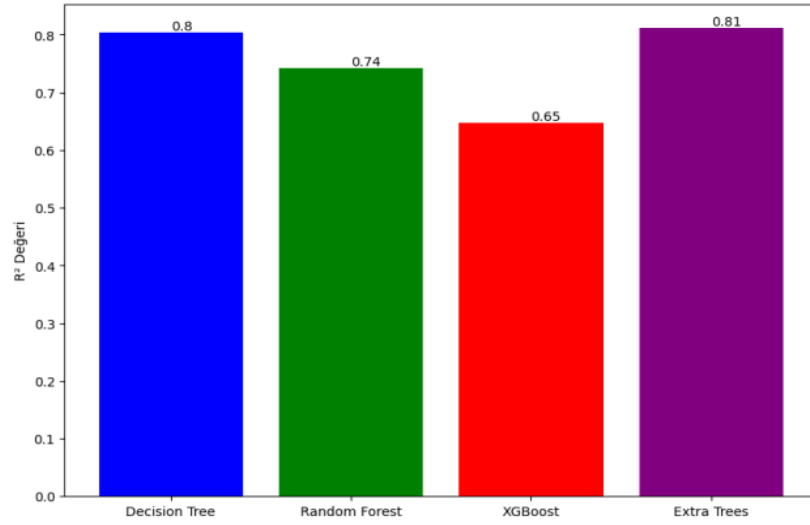
3.3.2.4.3. Personel Maliyeti

Personel maliyeti değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3'te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



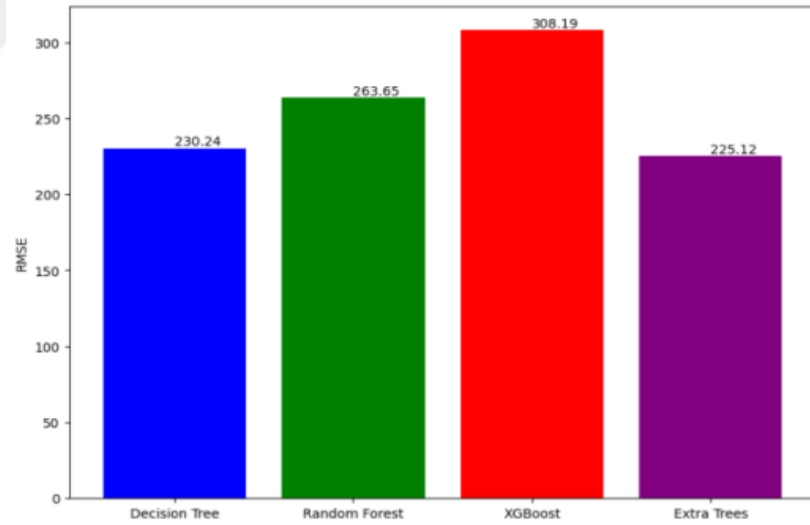
Şekil 44: Personel Maliyeti Değişkeni Veri Dağılımı

Personel maliyeti değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 44'te gösterilmektedir. Şekil 44'ten de görülebileceği üzere personel maliyeti değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 500-1.500 aralığında toplansa da veri setinde 3.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



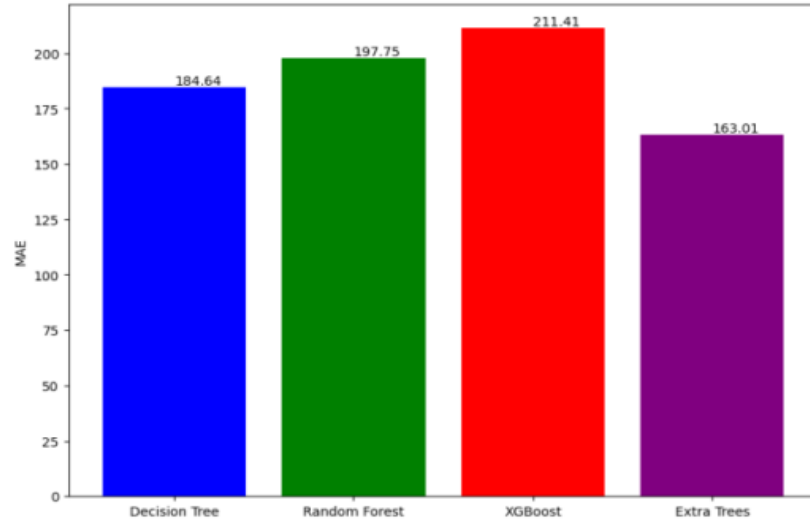
Şekil 45: Personel Maliyeti Değişkeni R² Değerleri

Personel maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 45'te gösterilmektedir. Şekil 45'ten de görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %81 olarak extra trees yöntemi ile en düşük R² değeri ise %65 olarak XGBoost yöntemi ile elde edilmiştir.



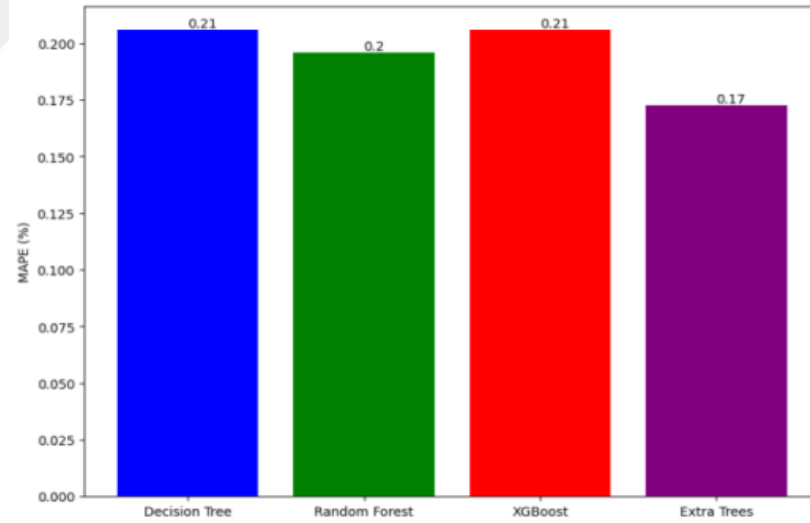
Şekil 46: Personel Maliyeti Değişkeni RMSE Değerleri

Personel maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 46'da gösterilmektedir. Şekil 46'dan da görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 225,12 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 308,19 olarak XGBoost yöntemi ile elde edilmiştir.



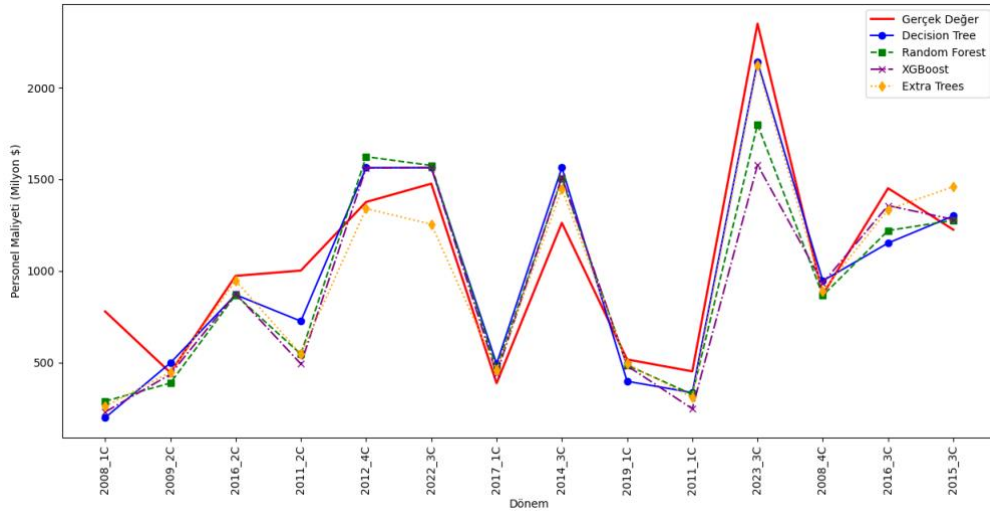
Şekil 47: Personel Maliyeti Değişkeni MAE Değerleri

Personel maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 47’de gösterilmektedir. Şekil 47’den de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 163,01 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 211,41 olarak XGBoost yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 48: Personel Maliyeti Değişkeni MAPE Değerleri

Personel maliyeti değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 48’de gösterilmektedir. Şekil 48’den de görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %17 olarak extra trees yöntemi ile en yüksek MAPE değeri ise %20,59 olarak XGBoost yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 49: Personel Maliyeti Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

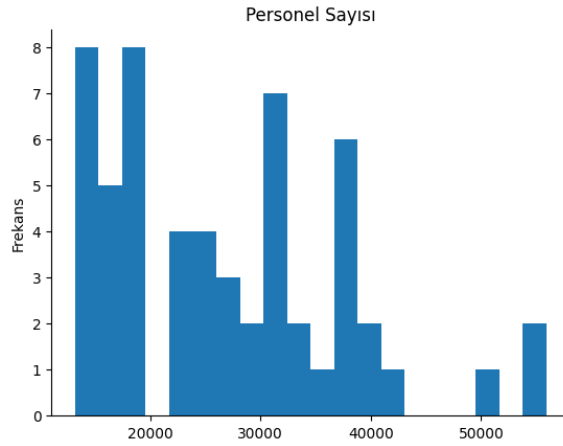
Şekil 49’da gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en çok yaklaşan sonuçlar elde edilen modelin extra trees olduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir.

3.3.2.5. Öğrenme ve Büyüme Boyutu İçin Uygulama Sonuçları

Çalışma kapsamında dengeli puan kartının öğrenme ve büyüme boyutunda belirlenen değişkenler Tablo 1’de gösterilmektedir. Makine öğrenmesi ile tahmin uygulaması söz konusu değişkenler arasından; personel sayısı değişkeni için gerçekleştirilmektedir.

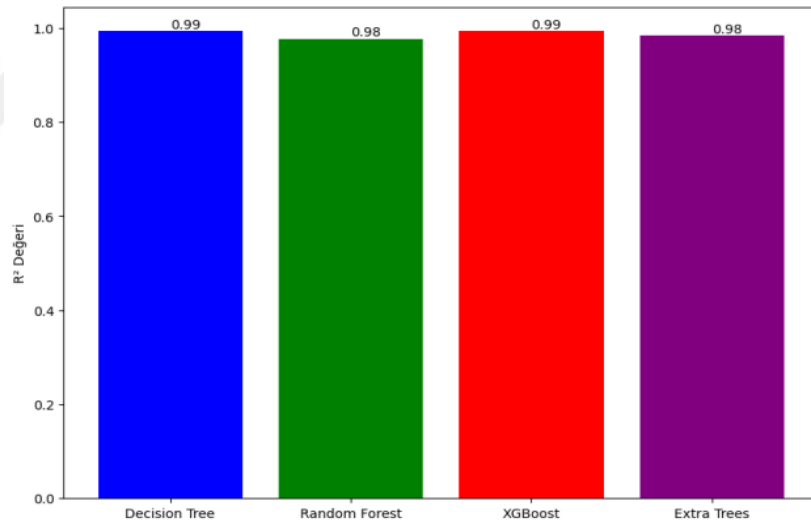
3.3.2.5.1. Personel Sayısı

Personel sayısı değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



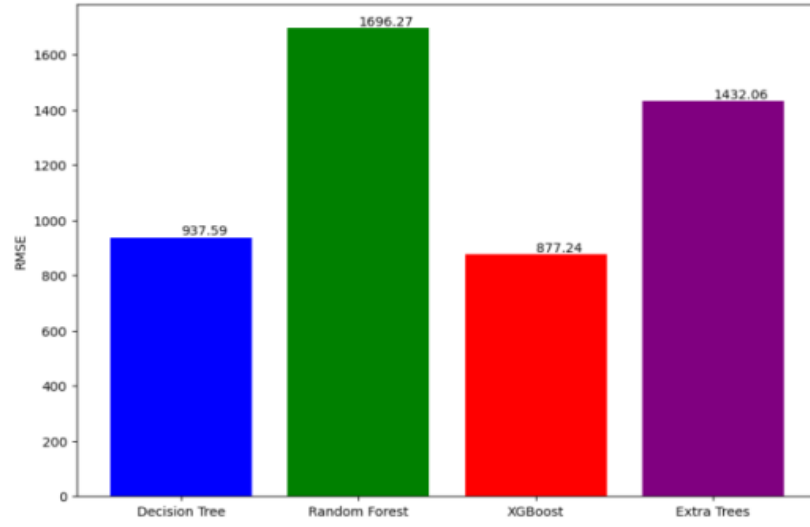
Şekil 50: Personel Sayısı Değişkeni Veri Dağılımı

Personel sayısı değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 50’de gösterilmektedir. Şekil 50’den de görülebileceği üzere personel sayısı değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 20.000 aralığında toplansa da veri setinde 40.000-50.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



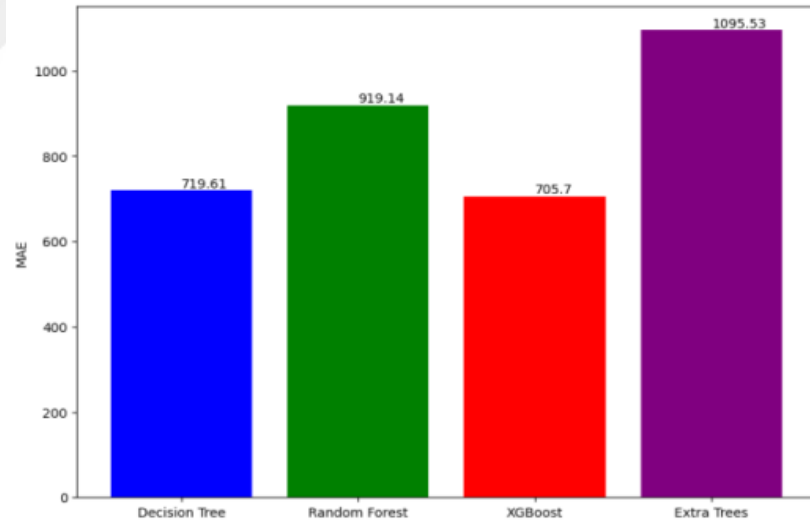
Şekil 51: Personel Sayısı Değişkeni R² Değerleri

Personel sayısı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 51’de gösterilmektedir. Şekil 51’den de görülebileceği gibi en yüksek R² değerleri sırasıyla, %99,3 ve %99,2 olarak XGBoost ve decision tree yöntemleri elde edilmiştir, en düşük R² değerleri ise sırasıyla, %97,7 ve %98,3 olarak random forest ve extra trees yöntemleri ile elde edilmiştir. Personel sayısı değişkeni için 4 modelin de çok iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



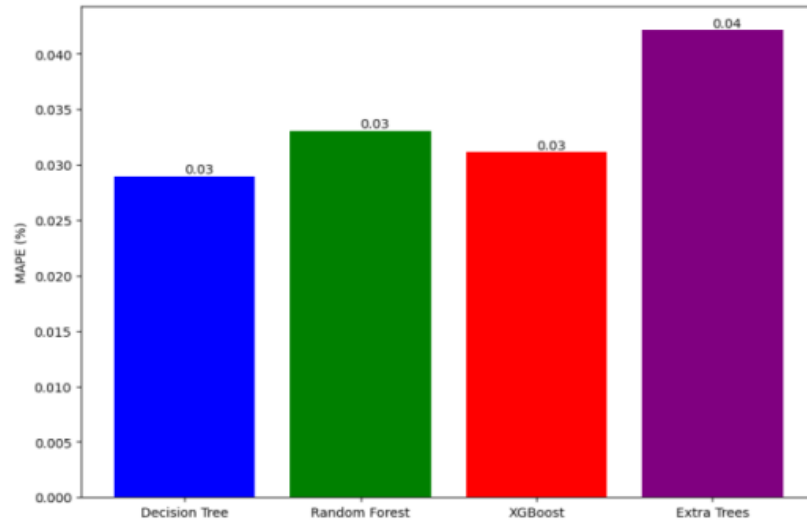
Şekil 52: Personel Sayısı Değişkeni RMSE Değerleri

Personel sayısı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 52’de gösterilmektedir. Şekil 52’den de görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 877,24 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek RMSE değeri ise 1.696,27 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir.



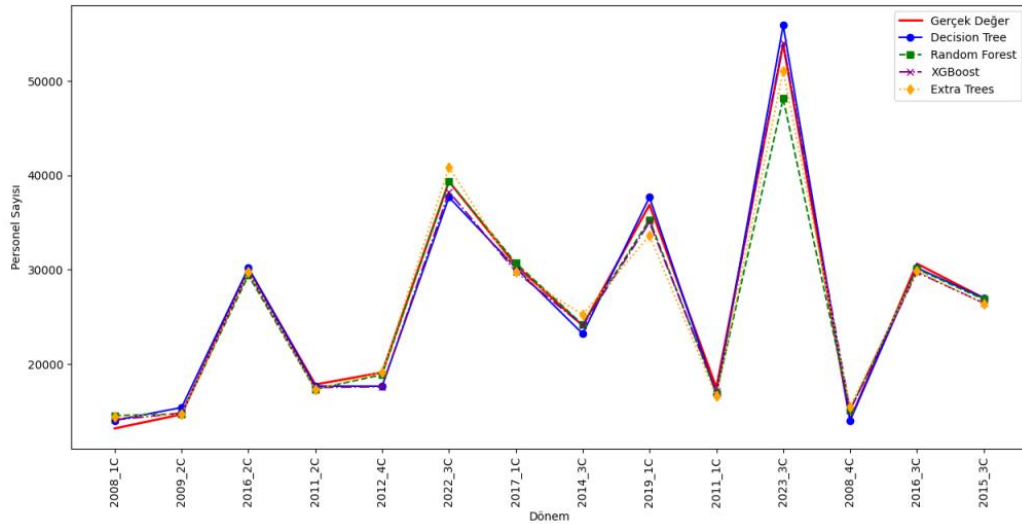
Şekil 53: Personel Sayısı Değişkeni MAE Değerleri

Personel sayısı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 53’te gösterilmektedir. Şekil 53’ten de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 705,7 olarak XGBoost yöntemi ile en yüksek MAE değeri ise 1.095,53 olarak extra trees yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 54: Personel Sayısı Değişkeni MAPE Değerleri

Personel sayısı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 54'te gösterilmektedir. Şekil 54'ten de görülebileceği gibi en düşük MAPE değerleri sırasıyla, %2,8, %3,1 ve %3,3 olarak decision tree, XGBoost ve random forest yöntemleri ile en yüksek MAPE değeri ise %4,2 olarak extra trees yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 55: Personel Sayısı Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 55'te gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Uygulanan 4 modelin de gerçek değerlere oldukça yakın

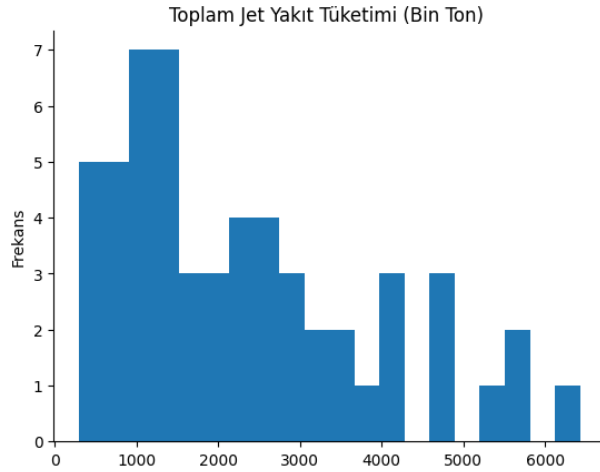
sonuçlar sunduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir.

3.3.2.6. Sosyal ve Çevresel Boyut İçin Uygulama Sonuçları

Çalışma kapsamında dengeli puan kartının sosyal ve çevresel boyutunda belirlenen değişkenler Tablo 1’de gösterilmektedir. Makine öğrenmesi ile tahmin uygulaması söz konusu değişkenler arasından; toplam jet yakıt tüketimi ve emisyon miktarı değişkenleri için gerçekleştirilmektedir.

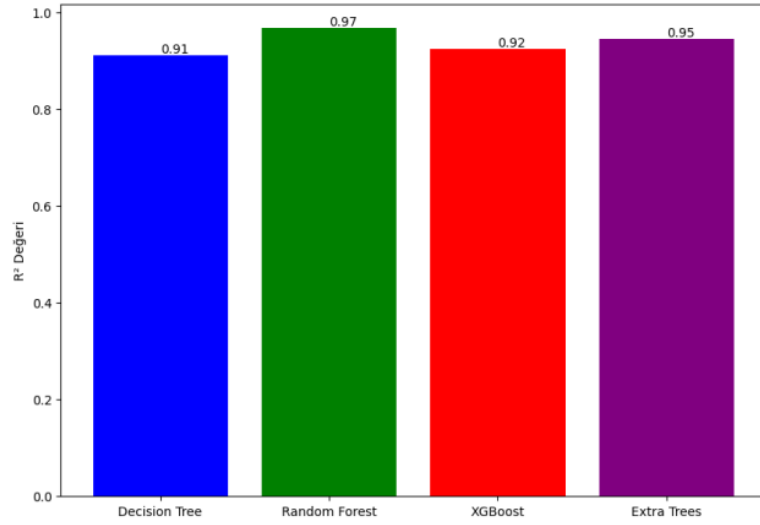
3.3.2.6.1. Toplam Jet Yakıt Tüketimi

Toplam jet yakıt tüketimi değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



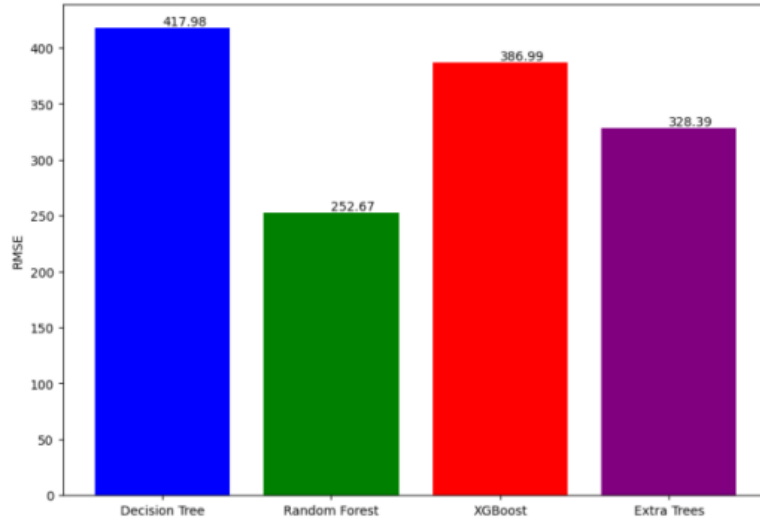
Şekil 56: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni Veri Dağılımı

Toplam jet yakıt tüketimi değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 56’da gösterilmektedir. Şekil 56’dan da görülebileceği üzere toplam jet yakıt tüketimi değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 1.000-4.000 aralığında toplansa da veri setinde 6.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



Şekil 57: Toplam Jet Yakıt Tüketimi R² Değerleri

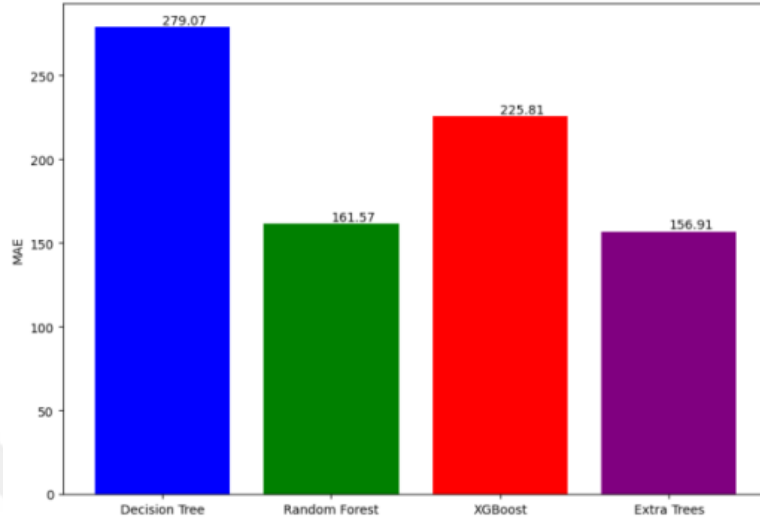
Toplam jet yakıt tüketimi değişkeni için her bir model sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 57’de gösterilmektedir. Şekil 57’den de görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %97 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir, en düşük R² değeri ise %91 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir. Toplam jet yakıt tüketimi değişkeni için uygulanan 4 modelin de %90’ın üzerinde sonuçlar verdiği görülmektedir.



Şekil 58: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni RMSE Değerleri

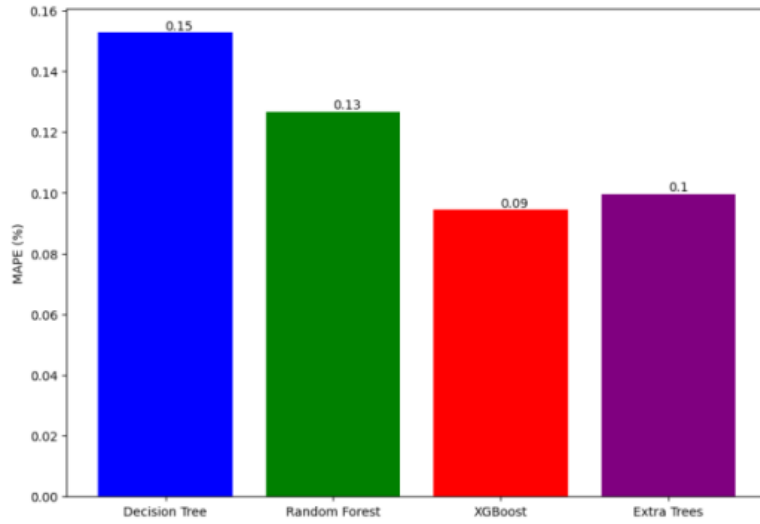
Toplam jet yakıt tüketimi değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 58’de gösterilmektedir. Şekil 58’den de görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 252,67 olarak random forest yöntemi ile

elde edilmiştir, en yüksek RMSE değeri ise 417,98 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 59: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni MAE Değerleri

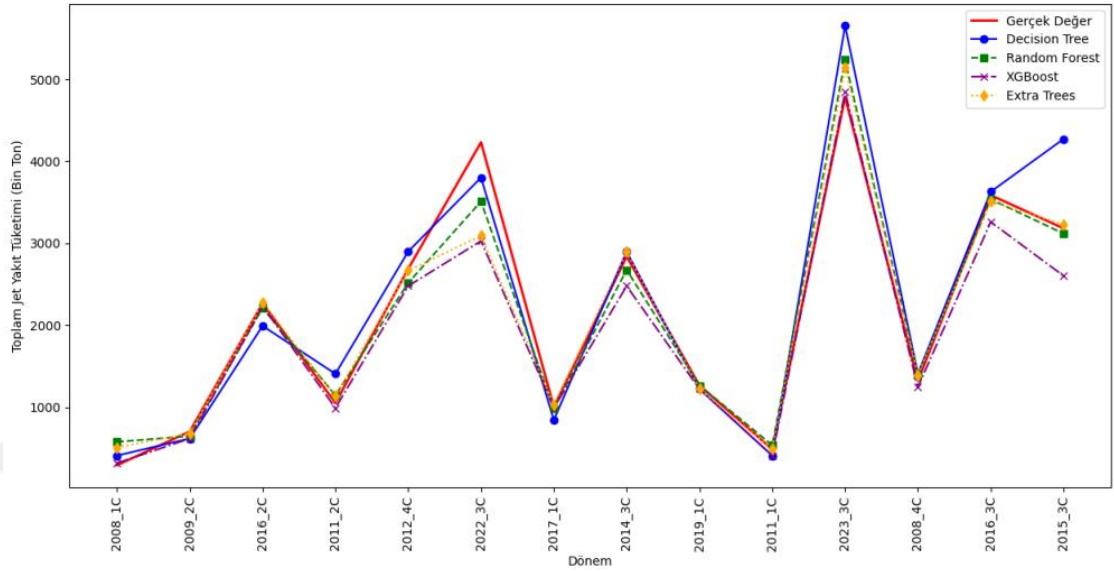
Toplam jet yakıt tüketimi değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 59’da gösterilmektedir. Şekil 59’dan da görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 156,91 olarak extra trees yöntemi ile elde edilmiştir, en yüksek MAE değeri ise 279,07 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 60: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni MAPE Değerleri

Toplam jet yakıt tüketimi değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 60’da gösterilmektedir. Şekil 60’dan da görülebileceği gibi en düşük MAPE değeri %9 olarak XGBoost yöntemi ile elde

edilmiştir, en yüksek MAPE değeri ise %15 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.

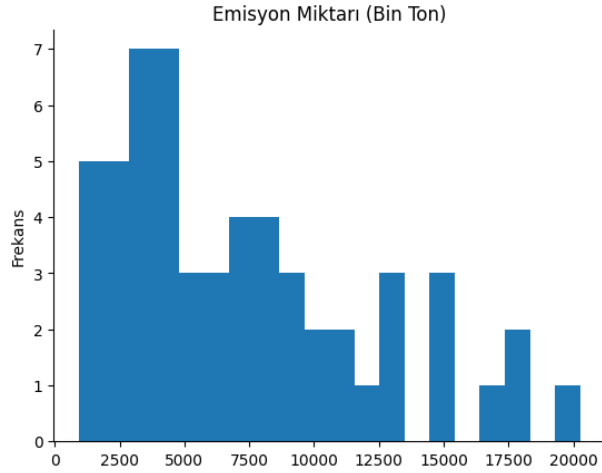


Şekil 61: Toplam Jet Yakıt Tüketimi Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 61’de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en yakın tahmin değerlerini random forest modelinin sunduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de açıkça görülebilmektedir. Gerçek değerlere en uzak değerlerin Covid-19 sonrası dönem olan 2022 yılının 3. çeyreği için elde edildiği görülürken 2023 yılının 3. çeyreği için daha yakın tahmin sonuçlarına ulaşıldığı görülmektedir.

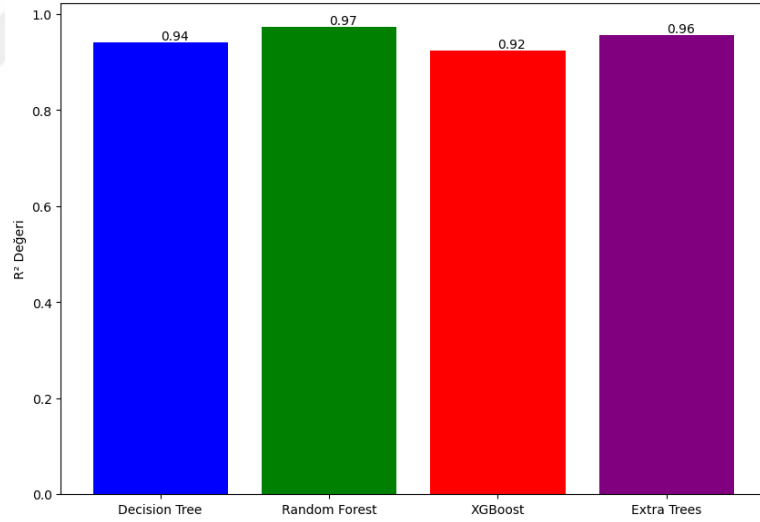
3.3.2.6.2. Emisyon Miktarı

Emisyon miktarı değişkeninin tahmini modeli için, Tablo 3’te belirtilen değişkenler arasından; toplam gelir, net kar ve operasyonel maliyet dışındaki değişkenler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.



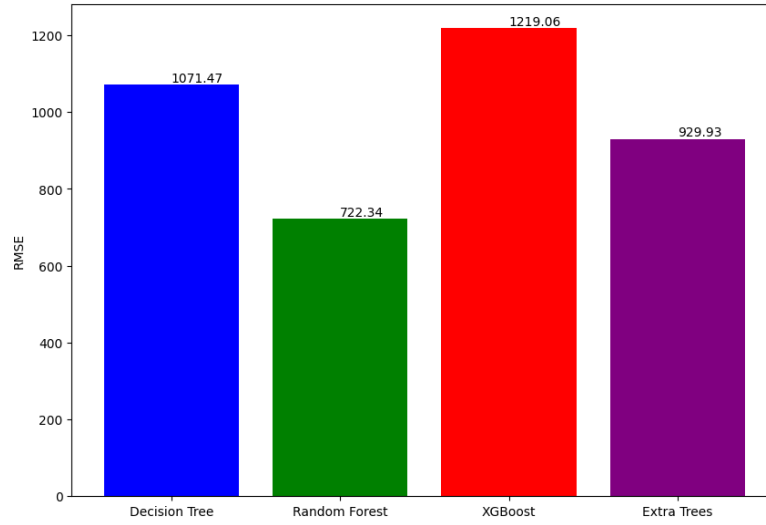
Şekil 62: Emisyon Miktarı Değişkeni Veri Dağılımı

Emisyon miktarı değişkeni için veri dağılım grafiği Şekil 62’de gösterilmektedir. Şekil 62’den de görülebileceği üzere emisyon miktarı değişkeni için veri seti normal dağılıma sahip değildir. Veriler yoğun olarak 2.500 aralığında toplansa da veri setinde 17.500-20.000 aralığında daha yüksek değerler de mevcuttur.



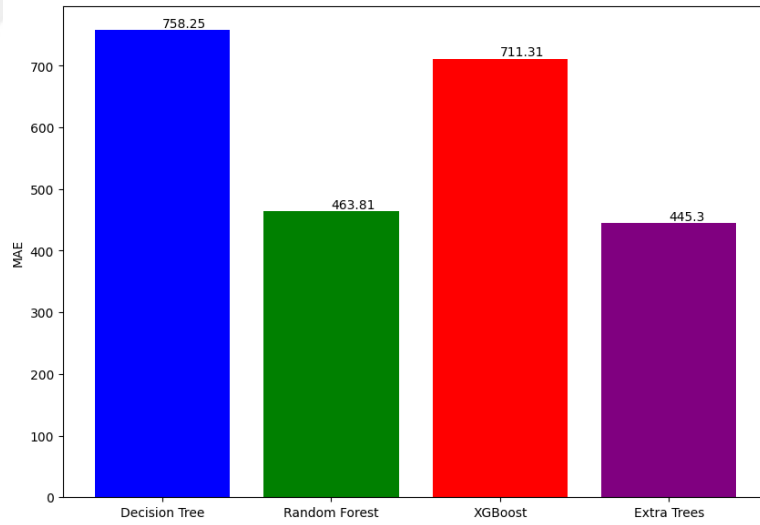
Şekil 63: Emisyon Miktarı Değişkeni R² Değerleri

Emisyon miktarı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen R² değerleri Şekil 63’te gösterilmektedir. Şekil 63’ten de görülebileceği gibi en yüksek R² değeri %97 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir, en düşük R² değeri ise %92 olarak XGBoost yöntemi ile elde edilmiştir. Emisyon miktarı değişkeni için uygulanan 4 modelin de %90’ın üzerinde sonuçlar verdiği görülmektedir.



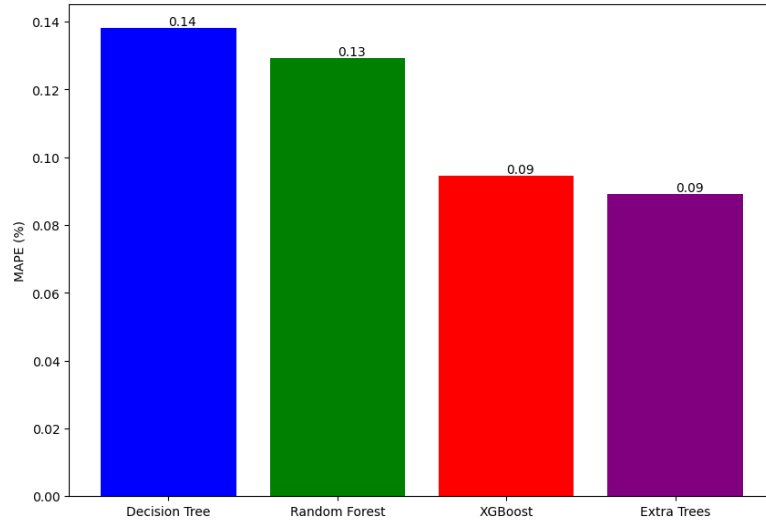
Şekil 64: Emisyon Miktarı Değişkeni RMSE Değerleri

Emisyon miktarı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen RMSE değerleri Şekil 64'te gösterilmektedir. Şekil 64'ten de görülebileceği gibi en düşük RMSE değeri 722,34 olarak random forest yöntemi ile elde edilmiştir, en yüksek RMSE değeri ise 1.219,06 olarak XGBoost yöntemi ile elde edilmiştir.



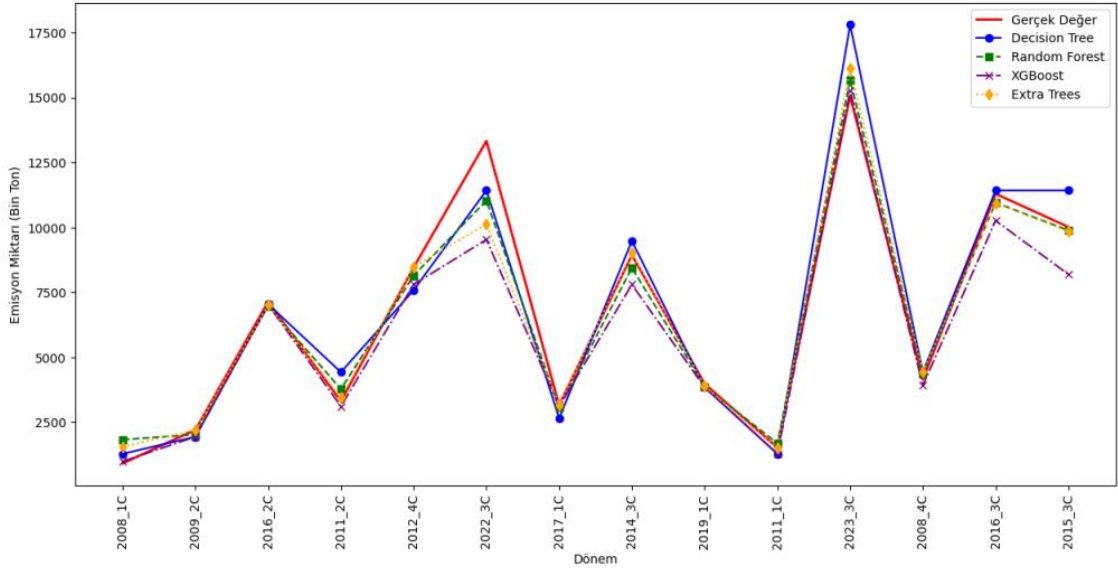
Şekil 65: Emisyon Miktarı Değişkeni MAE Değerleri

Emisyon miktarı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAE değerleri Şekil 65'te gösterilmektedir. Şekil 65'ten de görülebileceği gibi en düşük MAE değeri 445,3 olarak extra trees yöntemi ile elde edilmiştir, en yüksek MAE değeri ise 758,25 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 66: Emisyon Miktarı Değişkeni MAPE Değerleri

Emisyon miktarı değişkeni için her bir model uygulaması sonucunda elde edilen MAPE değerleri Şekil 66'da gösterilmektedir. Şekil 66'dan görülebileceği gibi en düşük MAPE değerleri sırasıyla %8,9 ve %9,4 olarak extra trees ve XGBoost yöntemleri ile elde edilmiştir, en yüksek MAPE değeri ise %14 olarak decision tree yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 67: Emisyon Miktarı Değişkeni Gerçek Değerler ve Tahmin Edilen Değerler Karşılaştırması

Şekil 67'de gerçek değerler ile uygulanan modellerin tahmin sonuçları çizgi grafiği ile gösterilmektedir. Gerçek değerlere en yakın tahmin değerlerini random forest modelinin sunduğu ve herhangi bir overfitting durumu olmadığı Şekilden de

açıkça görülebilmektedir. Gerçek değerlere en uzak değerlerin Covid-19 sonrası dönem olan 2022 yılının 3. çeyreği için elde edildiği görülürken 2023 yılının 3. çeyreği için daha yakın tahmin sonuçlarına ulaşıldığı görülmektedir.

3.3.2.7. Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Makine öğrenmesi uygulaması ile tahmini yapılan hedef değişkenler için uygulama sonuçları, bir önceki bölümde ayrıntılı olarak sunulmuştur. Çalışmada model performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan metriklere göre en iyi sonuçları sunan modeller Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6: Değişkenler için En İyi Performans Gösteren Modeller

Değişken	Model	R ²	RMSE	MAE	MAPE
Toplam Gelir	Extra Trees	✓	✓	✓	-
	XGBoost	-	-	-	✓
Operasyonel Maliyet	Extra Trees	✓	✓	✓	
	XGBoost	-	-	-	✓
Ücretli Yolcu Kilometre	XGBoost	✓	✓	✓	✓
Yolcu Sayısı	XGBoost	✓	✓	✓	✓
Kargo ve Posta	Extra Trees	✓	✓	✓	✓
Arz Edilen Koltuk Kilometre	Extra Trees	✓	✓	✓	✓
Yakıt Maliyeti	Extra Trees	✓	✓	✓	✓
Personel Maliyeti	Extra Trees	✓	✓	✓	✓
Personel Sayısı	Decision Tree	-	-	-	✓
	XGBoost	✓	✓	✓	-
Toplam Jet Yakıt Tüketimi	Random Forest	✓	✓	✓	-
	XGBoost	-	-	-	✓
Emisyon Miktarı	Random Forest	✓	✓	-	-
	Extra Trees	-	-	✓	✓

Tablo 6’dan da görülebileceği gibi, değişkenler için en iyi sonuçları sunan modeller, farklı performans değerlendirme metriklerine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin toplam gelir değişkeni için R², MAE ve RMSE değerleri açısından baktığımız zaman en iyi sonuçları extra trees modeli verirken MAPE değeri için en iyi sonucu XGB modeli vermektedir. Bu nedenle, en iyi sonuçları veren modelleri belirlerken modellerin en yüksek değeri sunduğu metrik sayısı dikkate alınmıştır. Eşit olması durumunda ise R² değeri açısından en yüksek sonucu sunan modelin daha iyi sonuçlar sunduğu kabul edilmiştir. En iyi performans gösteren modellere ait değerler Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7: En İyi Performans Gösteren Modellere Ait Değerler

Değişken	Model	R ²	RMSE	MAE	MAPE
Toplam Gelir (Milyon \$)	Extra Trees	0,897	1.417,25	879,92	%21
Operasyonel Maliyet (Milyon \$)	Extra Trees	0,913	1.066,04	701,57	%20
Ücretli Yolcu Kilometre (Bin)	XGBoost	0,976	5.857,79	4.042,58	%9
Yolcu Sayısı (Bin)	XGBoost	0,957	3.566,31	2.292,38	%8
Kargo ve Posta (Milyon)	Extra Trees	0,855	138.191,87	75.901,05	%17
Arz Edilen Koltuk Kilometre (Milyon)	Extra Trees	0,976	7.209,94	4.444,19	%10
Yakıt Maliyeti (Milyon \$)	Extra Trees	0,794	635,31	401,48	%23
Personel Maliyeti (Milyon \$)	Extra Trees	0,811	225,12	163,01	%17
Personel Sayısı	XGBoost	0,993	877,23	705,70	%3
Toplam Jet Yakıt Tüketimi (Bin Ton)	Random Forest	0,967	252,67	161,57	%13
Emisyon Miktarı (Bin Ton)	Random Forest	0,973	722,33	463,81	%13

Makine öğrenmesi uygulaması sonuçlarına göre; toplam gelir, operasyonel maliyet, kargo ve posta, arz edilen koltuk kilometre, yakıt maliyeti ve personel maliyeti değişkenleri için en iyi sonuçları veren model extra trees olmuştur. Ücretli yolcu kilometre, yolcu sayısı ve personel sayısı değişkenleri için en iyi sonuçları XGBoost modeli verirken toplam jet yakıt tüketimi ve emisyon miktarı için en iyi sonuçları veren model random forest olmuştur.

Makine öğrenmesi uygulamasının ardından, en iyi performans gösteren modeller uygulanarak, havayolunun 2023 yılının 3. çeyreğine kadar olan verileri ile her bir değişken için 2023 yıl sonu rakamları tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları ile ilgili değerler Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8: 2023 Yıl Sonu Tahmin Değerlerinin Karşılaştırması

Değişken	Model	Gerçek Değer	Tahmin Edilen Değer	MAPE
Toplam Gelir (Milyon \$)	Extra Trees	20.942	17.333,16	%17
Operasyonel Maliyet (Milyon \$)	Extra Trees	18.269	14.800,43	%19
Ücretli Yolcu Kilometre (Bin)	XGBoost	193.932	153.160,95	%21
Yolcu Sayısı (Bin)	XGBoost	83.378	74.703,03	%10
Kargo ve Posta (Milyon)	Extra Trees	1.658.686	1.603.236	%3
Arz Edilen Koltuk Kilometre (Milyon)	Extra Trees	234.839	194.926,99	%17
Yakıt Maliyeti (Milyon \$)	Extra Trees	6.232	5.560,62	%11
Personel Maliyeti (Milyon \$)	Extra Trees	3.256	2.202,20	%32
Personel Sayısı	XGBoost	55.884	52.431,01	%6
Toplam Jet Yakıt Tüketimi (Bin Ton)	Random Forest	6.429	5.424,2	%16
Emisyon Miktarı (Bin Ton)	Random Forest	20.251,35	16.819,10	%17

2023 yıl sonuna ait gerçek değerler ve modellerin tahmin değerleri arasındaki farklar Tablo 8’de gösterilmektedir. 2023 yıl sonu tahminleri için değerlendirme sonuçları, Lewis (1982)’in MAPE değeri sonuçlarının sınıflandırılması yaklaşımına göre değerlendirildiğinde; kargo ve posta (%3) ve personel sayısı (%6) değişkenleri için *çok iyi*; toplam gelir (%17), operasyonel maliyet (%19), yolcu sayısı (%10), arz edilen koltuk kilometre (%17), yakıt maliyeti (%11), toplam jet yakıt tüketimi (%16) ve emisyon miktarı (%17) için *iyi*; ücretli yolcu kilometre (%21) ve personel maliyeti (%32) için ise *kabul edilebilir seviyelerde* olduğu söylenebilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Havayolu işletmeleri, oldukça değişken ve dinamik bir ortamda, yüksek maliyetler ile faaliyet göstermektedir; sürekli değişen pazar koşulları, talep dalgalanmaları ve rekabetin yoğun olduğu bir ortamla karşı karşıyadırlar. Etkin bir performans değerlendirme sistemi, işletmenin böyle bir ortamdaki değişkenliklere hızlı bir şekilde adapte olmasını ve stratejilerini sürekli olarak yenilemesini sağlayacaktır. Performans değerlendirmesi, havayolu işletmelerinin operasyonel ve finansal hedeflerinin belirlenmesi, ilerlemelerinin izlenmesi ve gerektiğinde stratejilerinin yeniden yönlendirilmesini sağlayarak stratejik hedeflerine ulaşma sürecini yönetmelerine yardımcı olacaktır.

Günümüzde artan sürdürülebilirlik endişeleri, işletmelerin yalnızca finansal performanslarının değerlendirilmesinin yetersiz olduğuna vurgu yapmaktadır. Bu nedenle, işletmeler için ekonomik, sosyal ve çevresel performanslarının dengelenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, havayolu işletmeleri de sürdürülebilirlik bilinci ile hareket etmektedir; ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini dengeleme çabalarını artırırken, sürdürülebilirlik performanslarını iyileştirmeye odaklanmakta, bunu şeffaf bir şekilde raporlamaktadır. Havayolu işletmeleri için sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi, hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli bir rol oynarken, işletmelerin uzun vadeli başarılarını desteklemektedir. Bu durum havayolu işletmeleri için etkin sürdürülebilirlik performans değerlendirmesi ihtiyacını vurgulamaktadır.

Çalışmanın temel amacı; havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesi için kullanılabilecek, dinamik bir model önerisinde bulunmaktadır. Çalışma kapsamında, sürdürülebilir dengeli puan kartı ve ağaç tabanlı makine öğrenmesi yaklaşımları entegre edilerek, sürdürülebilir havayolu performans değerlendirmesi için dinamik bir model geliştirilmiştir. Çalışmada, öncelikle sürdürülebilir dengeli puan kartı çerçevesinde, havayolu sürdürülebilirlik performans göstergeleri belirlenmiştir. Söz konusu göstergeler belirlenirken, ilgili literatürde havayolu işletmelerinin performans değerlendirmesinde en çok kullanılan göstergeler dikkate alınmıştır. Daha sonra, belirlenen göstergeler arasından hedef değişkenler ve bağımsız değişkenler belirlenmiş ve Türkiye’de faaliyet gösteren bir havayolu işletmesinin verileri kullanılarak, 4 farklı ağaç tabanlı makine öğrenmesi

algoritması ile her bir hedef değişken için tahmin modelleri geliştirilmiştir. Ardından, hedef değişkenlerin tahmini için en iyi performans gösteren modeller belirlenmiş ve söz konusu hedef değişkenlerin 2023 yıl sonu değerleri tahmin edilerek modellerin geçerliliği kontrol edilmiştir.

Çalışmada belirlenen, toplam 25 performans göstergesi arasından, 11'i hedef değişken olarak belirlenmiş ve makine öğrenmesi yaklaşımları ile tahmin edilmiştir, diğer değişkenler ise bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Çalışmada birden fazla değişken belirlenmesinin sebebi, performans göstergeleri arasındaki ilişkileri vurgulayan, bütüncül bir çerçeve hedeflenmesidir. Ayrıca, değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkilerin vurgulanabilmesi için; çalışmada hedef değişken olarak belirlenen 9 değişken aynı zamanda diğer hedef değişkenlerin tahmini için bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda en iyi performans gösteren modellere ilişkin değerler Tablo 6'da gösterilmektedir. Model performansının değerlendirilmesi için kullanılan metriklerden biri olan R^2 değeri, bağımsız değişkenlerin hedef değişken üzerindeki varyansını açıklama yüzdesini ifade etmektedir. R^2 değerinin 1'e yakın olması, modelin verilerdeki varyansın büyük bir kısmını açıkladığı ve tahminlerin doğruluğu konusunda daha güvenilir olduğu anlamına gelmektedir. Tablo 6'dan da görülebileceği gibi, Extra Trees modeli; toplam gelir (0,897), operasyonel maliyet (0,913), kargo ve posta (0,855), arz edilen koltuk kilometre (0,976), yakıt maliyeti (0,794), personel maliyeti (0,811) değişkenleri için en iyi sonuçları vermiştir. XGBoost modeli ise; ücretli yolcu kilometre (0,976), yolcu sayısı (0,957), personel sayısı (0,993) değişkenleri için en iyi sonuçları vermiştir. Toplam jet yakıt tüketimi (0,967) ve emisyon miktarı (0,973) değişkenleri için ise en iyi sonuçları veren model Random Forest olmuştur. Elde edilen değerlerin 1'e oldukça yakın olmasından yola çıkarak; uygulanan modellerin, verilerdeki varyansın büyük bir kısmını açıkladığı ve tahminlerin doğruluğu konusunda oldukça güvenilir olduğu söylenebilmektedir.

Çalışmada model performansının değerlendirilmesi için kullanılan diğer metrikler olan RMSE, MAE ve MAPE değerlerinin 0 olması mükemmel bir uyumu ifade ederken, daha kötü performans gösteren modeller için söz konusu değerler daha yüksek olmaktadır. Tablo 6'da gösterilen, RMSE ve MAE değerlerinin yüksek olmasının nedeni, çalışmada kullanılan verilerin değerlerinin yüksek olmasından

kaynaklanmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler için betimsel istatistik değerleri Tablo 2’de gösterilmektedir. Tablo 2’den de görülebileceği gibi, veri setinde bulunan en küçük ve en büyük değerler arasındaki farkın yüksek olması, ortalama hata değerlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, Lewis (1982)’in MAPE değeri sonuçlarının sınıflandırılması yaklaşımından yola çıkarak; personel sayısı (%3), yolcu sayısı (%8), ücretli yolcu kilometre (%9) değişkenleri için *çok iyi*; arz edilen koltuk kilometre (%10), toplam jet yakıt tüketimi (%13), emisyon miktarı (%13), personel maliyeti (%17), kargo ve posta (%17) değişkenleri için *iyi*; operasyonel maliyet (%20), toplam gelir (%21), yakıt maliyeti (%23) değişkenleri için çok küçük bir yüzdelik değer farkı ile *kabul edilebilir* sonuçlar elde ettiğimiz görülmektedir.

Çalışma sonuçlarımız, önerilen modelin havayollarının sürdürülebilir performans değerlendirmesinde kullanılmak için uygun bir yaklaşıma sahip olduğunu desteklemektedir. Önerilen dinamik modelin havayolu işletmelerine sağlayacağı faydalar aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

- Havayolu işletmeleri, operasyonel süreçleri ile ilgili karmaşık göstergeleri yönetmek zorundadır; operasyonel süreçlerindeki verimliliği artırarak maliyetleri düşürmek istemektedirler. Sürdürülebilir dengeli puan kartı, operasyonel performans değerlendirmesinde kritik göstergelerin belirlenmesi için bir çerçeve sağlamaktadır. Ağaç tabanlı makine öğrenmesi ise, bu göstergeler arasındaki karmaşık ilişkileri analiz ederek, operasyonel süreçlerin optimize edilmesine ve maliyetlerin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.
- Ağaç tabanlı makine öğrenmesi algoritmaları, talep tahminleri aracılığıyla gelirleri tahmin edebilmektedir. Sürdürülebilir dengeli puan kartı ise, gelir yönetimi stratejilerini destekleyecek göstergelerin belirlenmesi yoluyla, söz konusu stratejilerin başarılarının ölçülmesine katkı sağlayabilmektedir.
- Sürdürülebilir dengeli puan kartı, havayolu işletmelerinin stratejik hedeflerini belirlemelerine ve söz konusu hedeflere ulaşma süreçlerini yönetmelerine yardımcı olmaktadır. Ağaç tabanlı makine öğrenmesi

ise, bu stratejik hedeflerin gerçekleştirilmesi için veri odaklı kararlar alınabilmesine katkı sağlamaktadır. Söz konusu iki yaklaşımın entegrasyonu sayesinde, havayolu işletmeleri rekabet avantajlarını koruyarak, pazardaki değişimlere hızlı bir şekilde uyum sağlayabilecektir.

- Sürdürülebilir dengeli puan kartı, havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik performansını şeffaf bir şekilde işletmeleri için güçlü bir araç olarak kullanılabilir. Yatırımcılar ve diğer paydaşlar, işletmenin sürdürülebilirlik çabalarını anlamak ve değerlendirmek için bu tür bir yapıyı takdir edebilirler.
- Sürdürülebilirlik, gelecekteki düzenlemeler, tüketici beklentileri ve toplumsal talepler gibi faktörlerle yakından ilişkilidir. Dinamik bir sürdürülebilir dengeli puan kartı yaklaşımı, havayolu işletmelerine rekabet avantajı sağlarken; sürdürülebilirlik odaklı stratejiler ve veri odaklı kararlar, havayolu işletmelerinin pazarda öne çıkmalarına ve uzun vadeli başarılarını güçlendirmelerine katkı sağlayacaktır.

Dinamik sürdürülebilir dengeli puan kartı yaklaşımımız, havayolu endüstrisindeki dinamik ve karmaşık ortamlarda işletme performansını iyileştirmek için güçlü bir araç olarak kullanılabilir. Sürdürülebilir dengeli puan kartı ve ağaç tabanlı makine öğrenmesi entegrasyonu, sürdürülebilirlik odaklı bir yönetim yaklaşımı geliştirilmesine ve havayolu işletmelerinin sürdürülebilirlik hedeflerinin etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanımaktadır. Önerilen model, işletmenin hem finansal hem de sürdürülebilirlik performansının izlenmesine ve sürekli olarak iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Ayrıca önerilen model, verileri kullanılan havayolu işletmesi için kullanıcı dostu bir sürdürülebilir performans değerlendirme uygulaması geliştirilmesine yönelik altyapı sağlamaktadır. Havayolları, dinamik sürdürülebilir dengeli puan kartını veri tabanlarına entegre ederek, canlı veri akışı ile anlık olarak performans değerlendirmesi yapabilecektir. Böylece, işletme yöneticileri ve diğer paydaşlar sürekli olarak performansı takip edebilecek, veriye dayalı kararlar alabilecek ve işletmenin stratejik hedeflerine ulaşma yolunda daha etkili adımlar atabilecektir.

Bununla birlikte, dengeli puan kartı uzun yıllardır hem literatürde hem de uygulamada oldukça dikkat çeken bir yaklaşımdır. Yaklaşım ortaya çıktığından beri sürekli geliştirilse de, bir takım eksiklikleri ve kısıtlılıkları olduğu ilgili literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır. Çalışma kapsamında önerilen model, dengeli puan kartının söz konusu eksikliklerinin ve kısıtlılıklarının aşağıdaki yollarla aşılmasını sağlamaktadır:

- Ağaç tabanlı makine öğrenmesi, geçmiş veri analizi ve trend tahmini yaparak gelecekteki performans eğilimlerini öngörebilmektedir. Söz konusu tahminler, sürdürülebilir dengeli puan kartı göstergelerine uygulanarak, stratejik hedeflere ulaşma yolunda daha doğru ve bilgiye dayalı kararlar alınmasını sağlanabilecektir. Bu durum, dengeli puan kartı yaklaşımının işletmenin yalnızca mevcut performansı yansıtan, gelecekteki performansını ön göremeyen yapısını geliştirecektir.
- Ağaç tabanlı makine öğrenmesi, gerçek zamanlı veri analizi yaparak işletme performansının anlık olarak izlenmesine ve değişen koşullara hızlı bir şekilde uyum sağlanmasına yardımcı olabilmektedir. Bu durum, sürdürülebilir dengeli puan kartı göstergeleri üzerinden stratejik ayarlamalar yapılmasına ve rekabet avantajının korunmasına katkı sağlayacaktır. Bu durum dengeli puan kartı yaklaşımının dinamizm eksikliğini giderilmesini sağlayacaktır.
- Ağaç tabanlı makine öğrenmesi, dengeli puan kartı göstergeleri içindeki değişkenlerin önem sıralamasını belirleyebilmekte ve karmaşık ilişkileri anlayabilmektedir. Bu sayede işletme, performansını etkileyen faktörleri daha iyi anlayarak stratejik hedeflere uygun adımlar atabilecektir. Bu durum, dengeli puan kartı yaklaşımının nedensel ilişkileri yeterince açıklayamayan kısıtlılığının giderilmesine katkı sağlayacaktır.
- Sürdürülebilir dengeli puan kartı ve ağaç tabanlı makine öğrenmesi algoritmalarının entegre edildiği bir model, işletme kararlarının daha sağlam bir veri temeli üzerine oturtulmasına yardımcı olacaktır. Bu durum, subjektif değerlendirmeler yerine, objektif verilere dayalı olarak stratejik yönetim yapılmasını sağlayacaktır. Bu durum, yöneticilerin

sezgisel kararlar yerine, daha gerçekçi hedefler belirlemesine katkı sağlayacaktır.

- Dinamik bir performans değerlendirme modeli, sürekli olarak sürdürülebilir dengeli puan kartı göstergelerinin güncellenmesini ve iyileştirilmesini sağlayacaktır. Bu dinamik süreç, işletmelerin sürekli olarak performansını optimize etmesine ve uzun vadeli başarıya odaklanmasına yardımcı olacaktır. Bu durum, dengeli puan kartının statik yapısının dinamik hale dönüştürülebilmesine katkı sağlayacaktır.

Kısaca, sürdürülebilir dengeli puan kartı ve ağaç tabanlı makine öğrenmesi algoritmalarını entegre ederek, işletmelerin performansının daha etkili bir şekilde yönetilebilmesi ve stratejik hedeflere ulaşma süreci güçlendirilebilecektir. Veriye dayalı performans değerlendirmesi, yöneticilere gerekli bilgileri sunarak, stratejik karar alma süreçlerini destekleyecektir. Bu bağlamda, alınan kararlar, operasyonel planlama, bütçeleme, pazarlama stratejileri gibi alanlarda daha sağlam temellere dayanacaktır. Ayrıca, önerilen dinamik model için uygulama alanı havayolu işletmeleri ile sınırlı değildir. İşletme yapısına özgü göstergeler belirlenerek, farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler tarafından da rahatlıkla kullanılabilecektir.

Çalışmanın işletmelere ve literatüre sağlayacağı katkılarını yanında, en önemli kısıtlılığı erişilebilir veri mevcudiyetidir. Sürdürülebilirlik raporlaması nispeten yakın bir tarihte başladığı için, havayolları tarafından sürdürülebilir performans göstergelerini içeren raporlar hem Avrupa hem de Türkiye’de faaliyet gösteren havayolları için nispeten sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir performans yönetimi açısından önemli görülebilecek bazı performans göstergeleri çalışmaya eklenememiştir. Gelecek çalışmalar daha fazla performans göstergesini içeren farklı modeller önerebilirler. Ayrıca, çalışmada çeyrek dönem verileri kullanılmıştır, eğer aylık verilere ulaşılabilirse daha fazla veri elde edilebilir ve model performansları yükselebilir.

Çalışmada belirlenen, yakıt maliyeti vb. bazı performans göstergelerinin zaman içinde gösterdikleri eğilim döviz kuru vb. bazı dış faktörlerden etkilenebilmektedir. Anca söz konusu etkenler çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Bu nedenle gelecek çalışmalar, dış faktörlerden etkilenecek performans göstergelerini ve etkili olabilecek

dış etkenleri belirleyerek önerilen modele dahil edilebilecektir. Böylece önerdiğimiz model dış dinamiklerin de etkisini içererek daha kapsamlı bir yaklaşım haline getirilebilecektir.

Dengeli puan kartı yaklaşımını dinamik hale getirmek için sistem dinamiği yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Sürdürülebilir dengeli puan kartı ve sistem dinamiği yaklaşımları havayolu işletmeleri için entegre edilerek farklı bir dinamik model önerilebilir. Ayrıca, çalışmada yalnızca ağaç-tabanlı makine öğrenmesi modellerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Gelecek çalışmalar, farklı modellerin uygulama sonuçlarını sonuçlarımız ile karşılaştırarak farklı yaklaşımlar sunabilecektir.



KAYNAKÇA

- Abd El-mongy, Ahmed Mohamed, Alaa el-Deen Hamouda, Nihal Nounou, Abdel-Moneim A. Wahdan (2013). Design of prediction system for key performance indicators in balanced scorecard. *International Journal of Computer Applications*, 72(8), 10-14.
- Abubakar, Abubakar Mohammed, Hamzah Elrehail, Maher Ahmad Alatailat, Ale Elçi (2019). Knowledge management, decision-making style and organizational performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 4(2), 104-114.
- Acar, Gökhan (2022). Zaman Serisi Yöntemleri ve Xgboost Algoritması ile Kömür Satış Tahmini: Türkiye Tarım Kredi Kooperatifleri Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Ahmad, Muhammad Waseem, Monjur Mourshed, Yacine Rezgui (2017). Trees vs Neurons: Comparison between random forest and ANN for high-resolution prediction of building energy consumption. *Energy and Buildings*, 147, 77-89.
- Ahmad, N., Lodhi, M. S., Zaman, K., Naseem, I. (2017). Knowledge Management: a Gateway for Organizational Performance. *Journal of the Knowledge Economy*, 8, 859-876.
- Ahmad, M. W., Reynolds, J., Rezgui, Y. (2018). Predictive modelling for solar thermal energy systems: A comparison of support vector regression, random forest, extra trees and regression trees. *Journal of cleaner production*, 203, 810-821.
- Akar, Ö., Güngör, O. (2012). Classification of multispectral images using Random Forest algorithm. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 1(2), 105-112.
- Akbarian, M., Esmaeil, N., Tavakkoli-Moghaddam, R., Hossein-Zadeh-Lotfi F. (2015). A network-based data envelope analysis model in a dynamic balanced score card. *Mathematical problems in engineering*.
- Akbulut, U., Arslan, Z. (2022). İleri Veri İşlem Yöntemleri ile Su Kaynaklarının Kullanımı ve Planlanmasının Optimizasyonu” *Aksaray Univ. J. Sci. Eng.*, 6, 79-94.
- Akkermans, H., Van Oorschot, K. (2002). Developing a balanced scorecard with system Dynamics. *Journal of the operational research society*, 40(56), 931-941.
- Akkermans, H., Van Oorschot, K. (2005). Relevance assumed: a case study of balanced scorecard development using system Dynamics. *Journal of the Operational Research Society*, 56(8), 931-941.
- Albers, S., Rundshagen, V. (2020). European airlines' strategic responses to the COVID-19 pandemic (January-May, 2020). *Journal of air transport management*, 87.

- Alemayehu, W., vom Brocke, J. (2010). Sustainability performance measurement – the case of Ethiopian airlines. In: Lecture Notes in Business Information Processing LNBIP-66, Springer, Hoboken, USA, 489–500.
- Almashari, M., Zairi, M., Alathari, A. (2002). An empirical study of the impact of knowledge management on organizational performance. *Journal of Computer Information Systems*, 42(5), 74-82.
- Alnaimat, M. A. S. (2018). The extent to which balance score card is used in aviation sector (An Empirical Study on Royal Jordanian Airlines).
- Amirmiandaragh, M., Faraji, D., Shayan Nia, S. A. (2023). Presenting the system dynamic model to evaluate the performance of the technology supply chain based on the balanced scorecard. *Journal of Industrial Strategic Management*, 8(1), 20-30.
- Arjomandi, A., & Seufert, J. H. (2014). An evaluation of the world's major airlines' technical and environmental performance. *Economic Modelling*, 41, 133-144.
- Air Transport Action Group, (2020). Waypoint 2050: An Air Transport Action Group, Project. <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/> Son erişim tarihi: 22.05.2022.
- Aydın, Umut, Melis Almula Karadayı, Füsun Ülengin, Kemal Burç Ülengin (2021). Enhanced performance assessment of airlines with integrated balanced scorecard, network-based superefficiency DEA and PCA methods. *Multiple Criteria Decision Making: Beyond the Information Age*, 25, 225-247.
- Ayvaz, E., & Pehlivanli, D. (2011). The use of time driven activity based costing and analytic hierarchy process method in the balanced scorecard implementation. *International Journal of Business and Management*, 6(3), 146.
- Ayvaz, E., Kaplan, K., & Kuncan, M. (2020). An integrated LSTM neural networks approach to sustainable balanced scorecard-based early warning system. *IEEE Access*, 8, 37958-37966.
- Bakir, M., Ş. Akan, K. Kiracı, D. Karabasevic, D. Stanujkic, G. Popovic (2020). Multiple-criteria approach of the operational performance evaluation in the airline industry: Evidence from the emerging markets. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 23(2), 149-172.
- Bal, H., P. G. Akar, M. M. (2017). Havayolu Taşımacılığı Talep Esnekliği Üzerine Ampirik Bir Analiz: Türkiye Örneği. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5 (45), 353-366.
- Barnabè, F. (2011). A “system dynamics-based Balanced Scorecard” to support strategic decision making: Insights from a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(5), 446-473.
- Barnabè, F., Busco, C. (2012). The causal relationships between performance drivers and outcomes: Reinforcing balanced scorecards' implementation through system dynamics models. *Journal of Accounting & Organizational Change*, 8(4), 528-538.

- Barnett, J., Matthew, R. A., O'Brien, K. (2008). Global environmental change and human security. In *Globalization and Environmental Challenges*, 355-361. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Barros, C. P., Couto, E. (2013). Productivity analysis of European airlines, 2000–2011. *Journal of Air Transport Management*, 31, 11-13.
- Barros, C. P., Wanke P. (2015). An analysis of African airlines efficiency with two-stage TOPSIS and neural networks. *Journal of Air Transport Management*, 44, 90-102.
- Başaran, İ. M. (2011). Sağlık Hizmetlerinde Faaliyet Tabanlı Performans Yönetimi: Ankara İli Eğitim ve Araştırma Hastanelerinde Uzman Hekim Algıları. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Baştürk, O. (2021). Hava Trafik Akışının İyileştirilmesi İçin Rassal Orman ve Derin Sinir Ağları Tabanlı Varış Zamanı ve Yörünge Tahmini. Doktora Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Bayraktar, B. (2019). Rastgele Ormanlar ve Aşırı Öğrenme Makineleri Teknikleri ile Oltalama Saldırılarının Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Bianchi, C., Montemaggiore, G. B. (2008). Enhancing strategy design and planning in public utilities through “dynamic” balanced scorecards: insights from a project in a city water company. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 24(2), 175-213.
- Bieker, T. (2003). Sustainability management with the Balanced Scorecard. Proceedings of 5th international summer academy on technology studies, 17-34.
- Bilgili, M. Y. (2017). Ekonomik, ekolojik ve sosyal boyutlarıyla sürdürülebilir kalkınma. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (49), 559-569.
- Binboğa, G. (2021). Türkiye Sürdürülebilirlik Haritası Bağlamında İşletmelerin Rekabet Gücünün İncelenmesi: Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Bir Analiz. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Manisa.
- Bititci, U. S., Carrie, A. S., McDevitt, L. (1997). Integrated performance measurement systems: an auditand development guide. *The TQM magazine*, 9(1), 46-53.
- Boirwais, M. H. (2019). The impact of using information technologies on supply chain integration and supply chain performance management in libyan oil companies.
- Borsa İstanbul (2020). Şirketler için Sürdürülebilirlik Rehberi. <https://borsaistanbul.com/tr/sayfa/10685/surdurulebilirlik-rehberleri>. Erişim Tarihi: 20.04.2024

- Breiman, L., Friedman, J., Stone, C.J., Olshen, R.A. (1984). Classification and regression trees. New York: CRC Press.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45, 5-32.
- Burgueño, S. (2022). Environmental impact of the aviation industry worldwide - statistics & facts. https://www.statista.com/topics/7346/environmental-impact-of-the-aviation-industry-worldwide/#topicHeader_wrapper / Erişim Tarihi: 26.05.2022
- Capelo, C., Dias, J. F. (2009). A system dynamics-based simulation experiment for testing mental model and performance effects of using the balanced scorecard. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 25(1), 1-34.
- Caradonna, J. L. (2014). Sustainability: A history. Oxford University Press. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=veid=G2vrAwAAQBAJveoi=fndvepg=PP1vedq=Caradonna,+2014veots=GSuuP73l7lvesig=botrAHAmXi3eKvR_aOOchpAJ5oMveredir_esc=y#v=onepageveq=Caradonna%2C%202014vef=false /Erişim tarihi: 26.05.2022
- Chen, F. H., Tzeng, G. H. (2015). Probing organization performance using a new hybrid dynamic MCDM method based on the balanced scorecard approach. *Journal of Testing and Evaluation*, 43(4), 924-937.
- Chen, T., Guestrin C. (2016). Xgboost: A scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining, 785-794.
- Chicco, D., Warrens, M. J., Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ computer science*, 5(7), e623.
- Chirumalla, K., Bertoni, A., Parida, A. Et al. (2013). Performance measurement framework for product-service systems development: a balanced scorecard approach. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, 9(2), 146-164.
- Chou, H. W., Lee, C. Y., Chen, H. K. et al. (2016). Evaluating airlines with slack-based measures and meta-frontiers. *Journal of Advanced Transportation*, 50(6), 1061-1089.
- Chytas, P., Glykas, M., Valiris, G. (2011). A proactive balanced scorecard. *International Journal of Information Management*, 31(5), 460-468.
- Córdova, F. M., Durán, C.A., Palominos, F. E. (2018). Dynamic evaluation of balanced scorecard using fuzzy knowledge based representation. In 2018 7th International Conference on Computers Communications and Control (ICCCC), 52-57, IEEE.
- Costanza, F. (2023). Performance Management in Social Enterprises: Insights From a Dynamic Balanced Scorecard. In Reshaping Performance Management for Sustainable Development, 8, 139-169. Emerald Publishing Limited.

- Cook, G.N., Billig, B. G. (2017). Airline operations and management: A management textbook. Abingdon: Routledge.
- Creamer, G., Freund, Y. (2010). Learning a board Balanced Scorecard to improve corporate performance. *Decision Support Systems*, 49(4), 365-385.
- Cui, Q., Li, Y. (2018). Airline environmental efficiency measures considering materials balance principles: An application of a network range-adjusted measure with weak-G disposability. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(13), 2298-2318.
- Cutler, A., Cutler, D. R., Stevens, J. R. (2012). Random Forests. In: Zhang, C., Ma, Y. (eds) Ensemble Machine Learning. Springer, New York, NY.
- Çelik, T. S. (2018). Sustainability in the Turkish business environment. Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Davenport, T. H., Leibold, M., Voelpel, S. (2006). Strategic management in the innovation economy. Erlangen: Publicis Corporate Publishing.
- Demydyuk, G. (2012). Optimal financial key performance indicators: evidence from the airline industry. *Accounting & Taxation*, 3(2), 39-51.
- Dienes, D., Sassen, R., Fischer, J. (2016). What are the drivers of sustainability reporting? A systematic review. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 7(2), 154-189.
- Dinçer, H., Hacıoğlu, Ü., Yüksel, S. (2017). Balanced scorecard based performance measurement of European airlines using a hybrid multicriteria decision making approach under the fuzzy environment. *Journal of Air Transport Management*, 63, 17-33.
- Dowling, J., Pfeffer, J. (1975). Organizational legitimacy: Social values and organizational behavior. *Pacific sociological review*, 18(1), 122-136.
- Duran, Bahar (2018). Sürdürülebilirlik Kavramının Önemi, Karşılaşılan Sorunlar Ve Şirketlerin Sürdürülebilirlik Raporlarının İncelenmesi. Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Ece Çokmutlu, M. (2019). Sürdürülebilirlik endeksinde yer alan işletmelerin sürdürülebilirlik performansları ile finansal performanslarının karşılaştırılması. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Karabük.
- Efeoğlu, E. (2022). Kablosuz Sinyal Gücünü Kullanarak İç Mekan Kullanıcı Lokalizasyonu için Karar Ağacı Algoritmalarının Karşılaştırılması. *Acta Infologica*, 6(2), 163-173.
- Aust - Before Ehnert, I., Parsa, S., Roper, I., Wagner, M., & Muller-Camen, M. (2015). Reporting on sustainability and HRM: A comparative study of sustainability reporting practices by the world's largest companies. *The International Journal of Human Resource Management*. 27(1), 88-108.

- Eisenhut, D., Moebs, N., Windels, E., Bergmann, D., Geiß, I., dos Reis, R., & Strohmayer, A. (2021). Aircraft Requirements for Sustainable Regional Aviation. *Aerospace*, 8(3), 61.
- Elhmoud, E. R., Kutty, A. A., Abdalla, G. M. Et al. (2021). Eco-efficiency performance of airlines in eastern Asia: A principal component analysis based sustainability assessment. In *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Singapore, 7-11.
- Erdogan, D., Kaya E. (2014). Understanding performance indicators of organizational achievement in Turkish airline companies. *Journal of Management Research*, 6(4), 109-123.
- Ersoy, N. (2021). Bütünleşik Çok Kriterli Karar Verme Modeli İle Enerji Sektöründe Kurumsal Sürdürülebilirlik Performans Ölçümü: Karşılaştırmalı Bir Analiz. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Muğla.
- Eurocontrol (2022). Charting the European Aviation recovery: 2021 COVID19 impacts and 2022 outlook. https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2022-01/eurocontrol-think-paper-15-2021-review-2022-outlook_0.pdf / Erişim tarihi: 22.05.2022.
- Farajpour Khanaposhtani, G., Jafari, S. S., Ariana, F. et al. (2017). Formulating the supply chain strategy of automotive industry in Iran using balanced Scorecard, System Dynamics, and Game Theory. *Marketing and Branding Research*, 4, 135-147.
- Filzmoser, P., Hron K. (2009). Correlation analysis for compositional data. *Mathematical Geosciences*, 41, 905-919.
- Flouris, T. G., Yilmaz, A. K. (2016). Risk management and corporate sustainability in aviation (1st ed.). Routledge.
- Fonseca, A. (2010). Requirements and Barriers to Strengthening Sustainability Reporting Among Mining Corporations. doctoral dissertation, University of Waterloo, Waterloo, ON.
- Freeman, R. E., & Phillips, R. A. (2002). Stakeholder theory: A libertarian defense. *Business ethics quarterly*, 12(3), 331-349.
- García, C. E., Koo, I. (2023). Extremely Randomized Trees Regressor Scheme for Mobile Network Coverage Prediction and REM Construction. *IEEE Access*, 11, 65170–65180.
- Geçdoğan, S. (2020). Kurumsal Sürdürülebilirlik Ölçümü İçin Ahp Ve Topsıs Yöntemlerinin Kullanılması: Bankacılık Sektörü Üzerine Bir Uygulama. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.

- Gedik, Y. (2020). Sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarla sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 3(3), 196-215.
- Geurts, P., D. Ernst, L. Wehenkel (2006). Extremely randomized trees. *Machine learning*, 63, 3-42.
- Grande-Ramírez, J. R., Roldán-Reyes, E., Aguilar-Lasserre, A. A. et al. (2022). Integration of Sentiment Analysis of Social Media in the Strategic Planning Process to Generate the Balanced Scorecard. *Applied Sciences*, 12(23), 12307.
- Giddings, B., Hopwood, B., O'brien, G. (2002). Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Sustainable development*, 10(4), 187-196.
- Global Reporting Initiative. Erişim Tarihi: 22.04.2024. <https://www.globalreporting.org/about-gri/mission-history/>
- Glover, J. L., Champion, D., Daniels, K. J. Et al. (2014). An Institutional Theory perspective on sustainable practices across the dairy supply chain. *International Journal of Production Economics*, 152, 102-111.
- Gminder, C. U., Bieker, T. (2002). Managing corporate social responsibility by using the 'sustainability-balanced scorecard. In 10th international conference of the greening of industry network, June, 23-26.
- Gogtay, N. J., Thatte, U. M. (2017). Principles of correlation analysis. *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(3), 78-81.
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual review of ecology and systematics*, 26(1), 1-24.
- Gümrah, A., Tanç, Ş. G. (2018). Sürdürülebilirlik Raporlarının İçerik Kalitesi: Bist Sürdürülebilirlik Endeksinde Bir Uygulama. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20, 334-357.
- Gürül, B. (2021). Gıda Tedarik Zincirinde Sürdürülebilirlik Performansı Değerlendirmesi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Ha, S. T., Lo, M. C., Wang, Y. C. (2016). Relationship between knowledge management and organizational performance: a test on SMEs in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 224, 184-189.
- Hanağası, S. (2021). Sağlık kurumlarında kurumsal performans yönetimi: Üçüncü basamak sağlık hizmeti veren iki hastane için karşılaştırmalı bir analiz. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hawari, N. N., Tahar, R. M. (2015). Microworlds of the dynamic balanced scorecard for university (DBSC-UNI). In AIP Conference Proceedings, 1691(1), AIP Publishing.

- Hristov, I., Cristofaro, M., Camilli, R., Leoni, L. (2024). A system dynamics approach to the balanced scorecard: a review and dynamic strategy map for operations management. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Hooper, P. D., Greenall, A. (2005). Exploring the potential for environmental performance benchmarking in the airline sector. *Benchmarking: An International Journal*, 12(2), 151-65.
- Humphreys, K. A., Gary, M.S., Trotman, K. T. (2016). Dynamic decision making using the balanced scorecard framework. *The Accounting Review*, 91(5), 1441-1465.
- International Air Transport Association (2020). IATA Annual Review. <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2020.pdf>. Erişim Tarihi: 20.05.2022.
- International Integrated Reporting Council/IIRC. Erişim Tarihi: 22.04.2024. <https://integratedreporting.ifrs.org/news/updated-guide-to-help-companies-use-the-integrated-reporting-framework-while-considering-ifrs-sustainability-disclosure-standards/>.
- International Integrated Reporting Council/IIRC. Erişim Tarihi: 22.04.2024. <https://integratedreporting.ifrs.org/the-iirc-2/governance-archive/>.
- International Integrated Reporting Council/IIRC. Erişim Tarihi: 22.04.2024. <https://integratedreporting.ifrs.org/resource/international-ir-framework>.
- Janic, M. (2016). The sustainability of air transportation: a quantitative analysis and assessment. Routledge: Abingdon, The Netherlands.
- Jassem, S., Zakaria, Z., Azmi, A. C. (2020). Sustainability balanced scorecard architecture and environmental investment decision-making. *Foundations of Management*, 12(1), 193-210.
- Jenatabadi, H. S., Ismail, N. A. (2007). The determination of load factors in the airline industry. *International Review of Business Research Papers*, 3(4), 125-133.
- John, V., Liu, Z., Guo, C. et al. (2016). Real-time lane estimation using deep features and extra trees regression. In Image and Video Technology: 7th Pacific-Rim Symposium, PSIVT 2015, Auckland, New Zealand, November 25-27, 2015, Revised Selected Papers, 721-733. Springer International Publishing.
- Junior, R. M., Best, P. J., Cotter, J. (2014). Sustainability reporting and assurance: A historical analysis on a world-wide phenomenon. *Journal of business ethics*, 120, 1-11.
- Kagioglou, M., Cooper, R., Aouad, G. (2001). Performance management in construction: a conceptual framework. *Construction management and economics*, 19(1), 85-95.

- Kang, J. S., Chiang, C. F., Huangthanapan, K. et al. (2015). Corporate social responsibility and sustainability balanced scorecard: The case study of family-owned hotels. *International Journal of Hospitality Management*, 48, 124-134.
- Kaplan, S. E., Ruland, R. G. (1991). Positive theory, rationality and accounting regulation. *Critical Perspectives on Accounting*, 2(4), 361-374.
- Kaplan, R. S., Norton, D. P. (1996). Strategic learning & the balanced scorecard. *Strategy & Leadership*, 24(5), 18-24.
- Kaplan, R. S. (2009). Conceptual foundations of the balanced scorecard. *Handbooks of management accounting research*, 3, 1253-1269.
- Karaman, A. S., Akman, E. (2018). Taking-off corporate social responsibility programs: An AHP application in airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 68, 187-197.
- Kaya, G., Aydın, U., Ülengin, B. et al. (2023). How do airlines survive? An integrated efficiency analysis on the survival of airlines. *Journal of Air Transport Management*, 107, 102348.
- Khakbaz, S. B., Hajiheydari, N. (2015). Proposing a basic methodology for developing balanced scorecard by system dynamics approach. *Kybernetes*, 44(6/7), 1049-1066.
- Khanmohammadi, E., Safari, H., Zandieh, M. et al. (2022). Development of dynamic balanced scorecard using case-based reasoning method and adaptive neuro-fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Engineering Management*.
- Kılıç, M., Uyar, A., Karaman, A. S. (2019). What impacts sustainability reporting in the global aviation industry? An institutional perspective. *Transport Policy*, 79, 54-65.
- Kocaman, G. (2017). Lojistik Performans, İşletme Performansı, İşgören Performansı ve İşgören Memnuniyeti İlişkisi: Turizm İşletmelerinde Bir Uygulama. Doktora tezi, Kastamonu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kastamonu.
- Kocarik Gacar, B. (2023). Fonksiyonel Veri Analizinin Karar Ağaçlarında Kullanımı. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Koçak, D. (2023). Havayolu Taşımacılığı Sektörünün Özellikleri ve Gelir-Giderleri. Şu kitapta: Daimi Koçak, Abdüssamet Polater. Havayolu Taşımacılığına Güncel Bir Bakış. Eğitim Yayınevi, 9-29.
- Kondra, A. Z., Hinings, C. R. (1998). Organizational diversity and change in institutional theory. *Organization studies*, 19(5), 743-767.
- Köse, Y. (2020). Havacılık Sektöründeki Finansal Riskler ve Muhasebe Uygulamaları. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Krstić, B., Sekulić, V., Ivanović, V. (2014). How to apply the Sustainability Balanced Scorecard concept. *Economic Themes*, 52(1), 65-80.

- Kumar, Y., Kesava, R. (2020). Development of balanced score card framework for performance evaluation of airlines. *International Journal of Management (IJM)*, 10(6), 2019.
- Kumar, A., Aswin, A., Gupta, H. (2020). Evaluating green performance of the airports using hybrid BWM and VIKOR methodology. *Tourism Management*, 76, 103941.
- Kuo, T. C., , Chen, H. M., Meng, H. M. (2021). Do corporate social responsibility practices improve financial performance? A case study of airline companies. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127380.
- Lawrence, T. B., Shadnam, M. (2008). Institutional theory. The international encyclopedia of communication. American Cancer Society.
- Lebas, M. J. (1995). Performance measurement and performance management. *International journal of production economics*, 41(1-3), 23-35.
- Lee, T. L., Yang, S. C. (2011). Using Balanced Scorecard and system dynamics in exploring the performance of Taiwan's pharmaceutical industry. In 2011 Proceedings of PICMET'11: Technology Management in the Energy Smart World, 1-9. IEEE.
- Li, Y., Wang, Y. Z., Cui, Q. (2015). Evaluating airline efficiency: an application of virtual frontier network SBM. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 81, 1-17.
- Liang, G. S., Chou, T. Y., Chuang, S. S. (2006). A Study of the Performance Evaluation for Airline Operation. In 9th Joint International Conference on Information Sciences (JCIS-06). Atlantis Press.
- Lin, R. J., Tseng, M. L., Chen, Y. H. (2011). Evaluating airline's service quality performance in uncertainty. *African Journal of Business Management*, 5(11), 4609.
- Linard, K. T., Yoon, J. (2000). The Dynamics of Organisational Performance Development of a Dynamic Balanced Scorecard. In ICSTM.
- Lu, M. T., Hsu, C. C., Liou, J. J. et al. (2018). A hybrid MCDM and sustainability-balanced scorecard model to establish sustainable performance evaluation for international airports. *Journal of Air Transport Management*, 71, 9-19.
- Lutte, R. K., Bartle, J. R. (2017). Sustainability in the air: The modernization of international air navigation. *Public Works Management & Policy*, 22(4), 322-334.
- Lyell, D., McDonnell, G. (2007). A dynamic balanced scorecard for managing health systems performance. In Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society and 50th Anniversary Celebration. New York: System Dynamics Society. Recuperado em (Vol. 22).

- Mackrell, D., Houghton, L., Campbell, J. (2011). Just A Not-For-Profit': Supporting Sustainability With Business Intelligence In The Not-For-Profit Sector. MCIS 2011 Proceedings. Paper, 52.
- Maher, A. (2015). The Critical Barriers to the Balanced Scorecard Successful Implementation: Airlines Perspective. *Journal of Association of Arab Universities for Tourism and Hospitality*, 12(2), 159-179.
- Mallikarjun, S. (2015). Efficiency of US airlines: A strategic operating model. *Journal of Air Transport Management*, 43, 46-56.
- Marimin, M., Wibisono, A., Darmawan, M. A. (2017). Decision support system for natural rubber supply chain management performance measurement: A sustainable balanced scorecard approach. *International Journal of Supply Chain Management*, 6(2), 60-74.
- Mason, K., Miyoshi, C. (2009). Airline Business Models and Their Respective Carbon Footprint: Final Report. Omega: Aviation in a Sustainable World. <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/items/332ec4cb-7156-462d-9f96-1ca632708876>.
Erişim Tarihi: 20.05.2024
- McKeen, J. D., Zack, M. H., Singh, S. (2006). Knowledge management and organizational performance: an exploratory survey. In Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06). 7, 152b-152b. IEEE.
- McManners, P. J. (2016). Developing policy integrating sustainability: A case study into aviation. *Environmental Science & Policy*, 57, 86-92.
- Moldan, B., Janoušková, S., Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological indicators*, 17, 4-13.
- Morelli, J. (2011). Environmental sustainability: A definition for environmental professionals. *Journal of environmental sustainability*, 1(1), 2.
- Montazer, G. A., Ebrahimian, H. (2011). Airline alliances partner selection in uncertain environment: a fuzzy hybrid evaluation model based on BSC. *Amirkabir International Journal of Modeling*, 43(2), 1-10.
- Mostafavi, E. (2019). Dynamic Modeling of Balanced Scorecard: In a Telecommunications Company. In Private Sector Innovations and Technological Growth in the MENA Region, 105-122. IGI Global.
- Müller, A., Walls, J. L., Wittmer, A. (2022). Sustainable Aviation: An Introduction. In Sustainable Aviation, (1-22). Springer, Cham.
- Nam, S., & Lee, H. C. (2019). A text analytics-based importance performance analysis and its application to airline service. *Sustainability*, 11(21), 6153.
- Nazari-Ghanbarloo, V. (2022). A dynamic performance measurement system for supply chain management. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(2), 576-597.

- Nikolaou, I. E., Tsalis, T. A. (2013). Development of a sustainable balanced scorecard framework. *Ecological Indicators*, 34, 76-86.
- Norreklit, H. (2000). The balance on the balanced scorecard a critical analysis of some of its assumptions. *Management accounting research*, 11(1), 65-88.
- Nørreklit, H. (2003). The balanced scorecard: what is the score? A rhetorical analysis of the balanced scorecard. *Accounting, organizations and society*, 28(6), 591-619.
- Okuneye, B., Ogunyomi-Oluyomi, O. O. (2022). The Role of Digitalization in the Airline Industry Performance amid Covid-19: Evidence from Emirate Airline Balanced Scorecard Performance. *Izvestiya Journal of Varna University of Economics*, 66(1-2), 5-21.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development. Erişim Tarihi: 22.04.2024. <https://www.oecd.org/60-years/timeline/#selectorBlock>
- Organisation for Economic Co-Operation and Development. Erişim Tarihi: 22.04.2024. <https://www.oecd.org/about/how-we-work/>
- Önen, V. (2020). Arima Yöntemiyle Türkiye'nin Hava Yolu Kargo Talep Tahmin Modellemesi ve Öngörüsü. *Journal of Management & Economics Research*, 18(4).
- Özdemir, Z., Küçükçolak, R. A. (2021). Determination Key Performance Indicators for Improving Performans in Turkish Airlines. *Working Paper Series Dergisi*, 2(4), 45-64.
- Payán-Sánchez, B., Plaza-Úbeda, J. A., Pérez-Valls, M. et al. (2018). Social embeddedness for sustainability in the aviation sector. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 25(4), 537-553.
- Pekel, E., Akkoyunlu, M. C., Akkoyunlu, M. T. et al. (2020). Decision tree regression model to predict low-rank coal moisture content during convective drying process. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 40(8), 505-512.
- Pérez-López, D., A. Moreno-Romero, R. B. (2015). Exploring the relationship between sustainability reporting and sustainability management practices. *Business Strategy and the Environment*, 24(8), 720-734.
- Perrini, F., Tencati, A. (2006). Sustainability and stakeholder management: the need for new corporate performance evaluation and reporting systems. *Business strategy and the environment*, 15(5), 296-308.
- Pesantez-Narvaez, J., Guillen, M., Alcañiz, M. (2019). Predicting motor insurance claims using telematics data-XGBoost versus logistic regression. *Risks*, 7(2), 70.
- Phillips, R., Freeman, R. E., Wicks, A. C. (2003). What stakeholder theory is not. *Business ethics quarterly*, 13(4), 479-502.

- Pinchemel, A., Caetano, M., Rossi, R. M. et al. (2022). Airline's business performance indicators and their impact on operational efficiency. *Brazilian Business Review*, 19, 642-665.
- Pineda, P. J. G., Liou, J. J., Hsu, C. C. et al. (2018). An integrated MCDM model for improving airline operational and financial performance. *Journal of Air Transport Management*, 68, 103-117.
- Porter, M. E. (1991). Towards a dynamic theory of strategy. *Strategic management journal*, 12(S2), 95-117.
- Psarras, A., Anagnostopoulos, T., Salmon, I. et al. (2022). A change management approach with the support of the balanced scorecard and the utilization of artificial neural networks. *Administrative Sciences*, 12(2), 63.
- Qudrat-Ullah, H., Chow, C., Goh, M. (2007). Towards a dynamic balanced scorecard approach: the case of Changi General Hospital in Singapore. *International Journal of Enterprise Network Management*, 1(3), 230-237.
- Qudrat-Ullah, H. (2009, March). Beyond the balanced scorecard: towards the dynamic balanced scorecard. In 2009 11th International Conference on Computer Modelling and Simulation, 317-321. IEEE.
- Quesado, P. R., Aibar Guzmán, B., & Lima Rodrigues, L. (2018). Advantages and contributions in the balanced scorecard implementation. *Intangible capital*, 14(1), 186-201.
- Radu, M. (2012). Empirical study on the indicators of sustainable performance—the sustainability balanced scorecard, effect of strategic organizational change. *Amfiteatru Economic Journal*, 14(32), 451-469.
- Radnor, Z. J., Barnes, D. (2007). Historical analysis of performance measurement and management in operations management. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56(5/6), 384-396.
- Raju, V. G., Lakshmi, K. P., Jain, V. et al (2020). Study the influence of normalization/transformation process on the accuracy of supervised classification. In 2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT), 729-735. IEEE.
- Ruckelshaus, W. D. (1989). Toward a sustainable World. *Scientific American*, 261(3), 166-175.
- Saban, M., Küçüker, H., Küçüker, M. (2017). Kurumsal Sürdürülebilirlik İle İlgili Raporlama Çerçevesi Ve Sürdürülebilirlik Raporlamasında Muhasebenin Rolü. *İşletme Bilimi Dergisi*, 5(1), 101-115.
- Saeed, U., Jan, S. U., Lee, Y. D. et al. (2021). Fault diagnosis based on extremely randomized trees in wireless sensor networks. *Reliability engineering & system safety*, 205, 107284.

- Sakthidharan, V., Sivaraman, S. (2018). Impact of operating cost components on airline efficiency in India: A DEA approach. *Asia Pacific Management Review*, 23(4), 258-267.
- Satybaldiyeva, D. O., Mukhanova, G. S., Satybaldiyev, O. S. et al. (2018). Determination of effective balanced indicators in the airline company using a modified Fuzzy Analytical Hierarchy Process approach. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 9(8 (38)), 2798-2810.
- Satybaldiyeva, D., Mukhanova, G., Yelemessov, K. et al. (2021). One of the ways to identify the weights of indicators of the fuzzy analytical hierarchy process for determining bsc of an airline company. *Transport Problems*, 16.
- Searcy, C., Buslovich, R. (2014). Corporate perspectives on the development and use of sustainability reports. *Journal of business ethics*, 121, 149-169.
- Shin, H. (2022). XGBoost regression of the most significant photoplethysmogram features for assessing vascular aging. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 26(7), 3354-3361.
- Shojaei, M., Ghochani, S. M., Mottaghi, M. (2013). Combining dynamic system and balanced score card (BSC) in performance evaluation (case study: Mahan plane company). *International Journal of Information, Business and Management*, 5(2), 69.
- Sofiyabadi, J., Nasab, S. (2012). A dynamic balanced scorecard for identification internal process factor. *Management Science Letters*, 2(5), 1721-1730.
- Stauch, A., Müller, A. (2022). Technology Assessment for Sustainable Aviation. In *Sustainable aviation: A management perspective*, 23-50. Cham: Springer International Publishing.
- Suchman, M. C. (1995). Managing legitimacy: Strategic and institutional approaches. *Academy of management review*, 20(3), 571-610.
- Sultanoğlu, B., Özerhan, Y. (2020). İklim Değişikliği Raporlaması: Türkiye'deki İşletmelerin Gönüllü Karbon Saydamlık Projesi (CDP) Açıklamaları. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 22, 176-194.
- Supino, E., Barnabè, F., Giorgino, M. C. et al. (2019). Strategic scenario analysis combining dynamic balanced scorecards and statistics. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(9), 1881-1902.
- Suthaharan, S. (2016). Decision Tree Learning. In: *Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification*. Integrated Series in Information Systems, vol 36. Springer, Boston, MA.
- Tagkouta, E., Psycharis, P. N., Psarras, A. et al. (2023). Predicting success for web product through key performance indicators based on balanced scorecard with the use of machine learning. *WSEAS Trans. Bus. Econ*, 20, 646-656.

- Taticchi, P., Balachandran, K., Tonelli, F. (2012). Performance measurement and management systems: state of the art, guidelines for design and challenges. *Measuring business excellence*, 16(2), 41-54.
- Taylor, A., Farrell, S. (1992). Information management in context. In *Aslib proceedings*, 44(9), 319-322. MCB UP Ltd.
- Torum, O., Yılmaz, A. K. (2009). Havacılıkta Sürdürülebilirlik Yönetimi: Türkiye'deki Havalimanları İçin Sürdürülebilirlik Uygulamaları Araştırması. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 4(2), 47-58.
- Tsalis, A. T., Nikolaou, E. I., Grigoroudis, et al. (2015). A dynamic sustainability Balanced Scorecard methodology as a navigator for exploring the dynamics and complexity of corporate sustainability strategy. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 32(4), 281-300.
- Tso, G. K., Yau, K. K. (2007). Predicting electricity energy consumption: A comparison of regression analysis, decision tree and neural networks. *Energy*, 32(9), 1761-1768.
- Tubis, A., Werbińska-Wojciechowska, S. (2017). Balanced scorecard use in passenger transport companies performing at Polish market. In *Transbaltica. Proceedings of the International Scientific Conference*, 10, 538-547. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property.
- Uğurlu, M., Dogru, İ., Arslan, R. S. (2023). Karanlık ağ trafiğinin makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak tespiti ve sınıflandırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(3), 1737-1746.
- UN Global Compact. Erişim Tarihi: 22.04.2024. <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/mission>.
- Van Dooren, W., Bouckaert, G., Halligan, J. (2015). Performance Management in the Public Sector (2nd ed.). Routledge.
- Viswesvaran, C., Ones, D. S. (2000). Perspectives on models of job performance. *International Journal of Selection and Assessment*, 8(4), 216-226.
- Vos, R. O. (2007). Defining sustainability: a conceptual orientation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 82(4), 334-339.
- Waal, A. D., Kourtit, K. (2013). "Performance measurement and management in practice: Advantages, disadvantages and reasons for use. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(5), 446-473.
- Walker, S., Cook, M. (2009). The contested concept of sustainable aviation. *Sustainable Development*, 17(6), 378-390.
- Wang, Q., Wu, C., Sun, Y. (2015). Evaluating corporate social responsibility of airlines using entropy weight and grey relation analysis. *Journal of Air Transport Management*, 42, 55-62.

- Wittstruck, D., Teuteberg, F. (2011). Development and simulation of a balanced scorecard for sustainable supply chain management—a system dynamics approach. In: Wirtschaftsinformatik proceedings 2011, paper 86.
- Wong, J. A. (1999). A balanced scorecard approach to analyzing associations among performance measures in the US airlines industry. Doctoral dissertation, University of Oregon.
- Wu, W. Y., Liao, Y. K. (2014). A balanced scorecard envelopment approach to assess airlines' performance. *Industrial Management & Data Systems*, 114(1), 123-143.
- Xu, M., Watanachaturaporn, P., Varshney, P. K., Arora M. K. (2005). Decision tree regression for soft classification of remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, 97(3), 322-336.
- Yenidoğan, A. (2021). Sürdürülebilirlik Uygulamalarının Finansal Performans Üzerine Etkisi: Konaklama İşletmelerinde Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya.
- Yıldız, A. E. (2018). Development of a dynamic strategy map incorporating scenario analysis and system dynamics: A simulation test on an international construction company. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zandieh, M., Shariat, S. Y., Rabieh, M., Tootooni, M. (2020). A new framework for dynamic sustainability balanced scorecard in order to strategic decision making in a turbulent environment. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 12(4), 107-135.
- Zhang, T., Gao, L. (2008). Study on the application of dynamic balanced scorecard in the service industry. In 2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 1, 1158-1162). IEEE.
- Zhang, T., Li, Z. (2008). A case study based on the dynamic balanced scorecard in manufacturing industry. In 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 1-4. IEEE.
- Zhang, T. (2012). An overview of dynamic Balanced Scorecard. In Future Control and Automation: Proceedings of the 2nd International Conference on Future Control and Automation (ICFCA 2012), 2, 75-82. Springer Berlin Heidelberg.
- Zheng, P., Lai, K. K. (2008). Research on supply chain dynamic balanced scorecard based on fuzzy evaluation and Markov forecast techniques. *Xitong Gongcheng Lilun yu Shijian/System Engineering Theory and Practice*, 28(4).
- Zheng, P., Lai, K. K., Zhang, Y. (2009). Dynamic balanced scorecard with rough set and fuzzy evaluation. In 2009 International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, 2, 853-855. IEEE.
- Zizlavsky, O. (2014). The balanced scorecard: Innovative performance measurement and management control system. *Journal of technology management & innovation*, 9(3), 210-222.