



TARSUS
ÜNİVERSİTESİ

TARSUS ÜNİVERSİTESİ İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ DERGİSİ

TARSUS UNIVERSITY
JOURNAL OF THE FACULTY OF ECONOMICS AND ADMINISTRATIVE SCIENCES
Yıl/Year: 2026, Cilt/Vol: 7, Sayı/Issue: 2, ss./pp. 1-29

(e-ISSN:2757-5357)

SÜRDÜRÜLEBİLİR KATMA DEĞERİN TAHMİNİNE YÖNELİK YAPAY SİNİR AĞLARI MODELİ: BİST SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKSİNDE BİR UYGULAMA*

An Artificial Neural Network Model for Predicting Sustainable Value Added: An Application to the BIST Sustainability Index

Dr. Öğr. Üyesi Bahşende TAŞDEMİR 

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
Kayseri Üniversitesi
Bünyan Meslek Yüksekokulu
Ulaştırma Hizmetleri Bölümü
btasdemir@kayseri.edu.tr
0000-0002-3760-8963

Prof. Dr. Semra AKSOYLU 

Kayseri Üniversitesi
Uygulamalı Bilimler Fakültesi
Muhasebe ve Finans Yönetimi
aksoylu@kayseri.edu.tr
0000-0002-5837-1600

Öz

İşletmelerin performans değerlendirmesinde kullanılan sürdürülebilir katma değer kavramı, işletmeleri yalnızca finansal çıktılar üzerinden değil; çevresel, sosyal ve yönetim boyutlarıyla değerlendiren kapsamlı bir performans göstergesidir. Çalışmanın amacı işletmelerin kurumsal yapı değişkenlerinin sürdürülebilir katma değer üzerindeki tahmin gücünü değerlendirmek ve bu ilişkiyi Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle modellemektir. Çalışmanın veri setini Borsa İstanbul (BİST) Sürdürülebilirlik Endeksi'nde yer alan 31 işletmenin 2017-2023 yılları arasında yayımladıkları sürdürülebilirlik raporlarından ve faaliyet raporlarından elde edilen veriler oluşturmaktadır. Örnekleme yer alan işletmelerin sürdürülebilir katma değer düzeyleri hesaplanmış, ardından çalışmanın amacı doğrultusunda veriler YSA ile test edilmiştir. Araştırma bulguları, kurumsal yapı bileşenlerinin, sürdürülebilir katma değeri tahmin etmede anlamlı ve güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Katma Değer, Kurumsal Yönetim, Yapay Sinir Ağları.

Abstract

The concept of sustainable value added, used in evaluating business performance, is a comprehensive performance indicator that assesses businesses not only based on financial outcomes but also through environmental, social, and governance dimensions. The aim of this study is to evaluate the predictive power of corporate structure variables on sustainable value added and to model this relationship using the Artificial Neural Networks (ANNs) method. The study's dataset consists of data obtained from the sustainability reports and annual reports published by 31 companies listed on the Borsa İstanbul (BIST) Sustainability Index between 2017 and 2023. The sustainable value added levels of the sample companies were calculated, and the data were then tested using Artificial Neural Networks in line with the study's objective. The research findings indicate that corporate structure variables have a significant and strong influence on predicting sustainable value added.

Keywords: Sustainable Value Added, Corporate Governance, Artificial Neural Networks.

Makale Türü : Araştırma
Makale Gönderim Tarihi : 25.05.2026
Makale Revizyon Tarihi : 03.07.2026
Makale Kabul Tarihi : 03.08.2026
Makale Yayın Tarihi : 25.08.2026

* Bu çalışma, Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde tamamlanan "Yapay Sinir Ağları İle Sürdürülebilir Katma Değer Tahmini" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

Atıf/Citation: Taşdemir, B. ve Aksoylu, S. (2026). Sürdürülebilir katma değer tahminine yönelik yapay sinir ağları modeli: BİST sürdürülebilirlik endeksinde bir uygulama. *Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7 (2), 1-29.

Doi: 10.56400/tarsusiibfdergisi.1958857



GİRİŞ

Son yıllarda yaşanan ekonomik, çevresel ve toplumsal alanda meydana gelen dönüşümler, işletmelerin yalnızca kısa vadeli finansal performanslarına değil, uzun vadeli sürdürülebilirliklerine de odaklanmalarını zorunlu hale getirmiştir. Bu kapsamda işletme başarısı, yalnızca finansal göstergelerle değil; kaynak kullanım etkinliği, çevresel etkiler, sosyal sorumluluk ve yönetim ilkelerine uyum gibi çok boyutlu unsurlar çerçevesinde değerlendirilmektedir. Bu gelişmeler doğrultusunda sürdürülebilir katma değer kavramı hem teorik hem de uygulamalı çalışmalar açısından önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir.

Sürdürülebilir katma değer, işletmelerin finansal performanslarının yanı sıra çevresel ve sosyal alanlarda uzun vadeli değer yaratma kapasitesini ifade eden oldukça kapsamlı bir kavramdır. Bu kapasitenin oluşumunda ve geliştirilmesinde kurumsal yapı önemli bir rol oynamaktadır. Kurumsal yapı yalnızca yönetimle sınırlı olmayıp, aynı zamanda sermaye yapısı, borçlanma düzeyi, likidite oranları ve kârlılık gibi finansal göstergeleri de içeren bütüncül bir sistem olarak değerlendirilmektedir. İşletmelerin stratejik karar alma süreçlerinde bu unsurların birlikte etkili olması, sürdürülebilir katma değer oluşumunu doğrudan etkilemektedir.

Kurumsal yönetim ile işletme performansı arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalar literatürde oldukça yaygınken, bu yapıların sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini analiz eden çalışmalar sınırlıdır. Ayrıca, mevcut çalışmaların önemli bir kısmı geleneksel istatistiksel yöntemlere dayandığından, karmaşık ve çok boyutlu ilişkileri modellemede yetersiz kalmaktadır. Bu durum, ileri analiz tekniklerinin kullanımını gerekli kılmaktadır. Bu durum, hem teorik hem de yöntem açısından önemli bir araştırma boşluğuna işaret etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, işletmelerin kurumsal yapı özelliklerinin sürdürülebilir katma değer üretme potansiyeli üzerindeki etkisini yapay sinir ağları (YSA) ile tahmin etmektir. Bu kapsamda, çeşitli yönetsel ve finansal göstergeler bağımsız değişkenler olarak ele alınmış; sürdürülebilir katma değer ise bağımlı değişken olarak modellenmiştir. Elde edilen verilerle oluşturulan YSA modeli üzerinden, bu değişkenlerin sürdürülebilir katma değer tahminine olan katkıları analiz edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, kurumsal yapı ile sürdürülebilirlik ilişkisini çok yönlü olarak ele almasının yanı sıra YSA gibi gelişmiş veri analiz tekniklerinin kullanılmasıyla hem akademik literatüre hem de uygulama alanına özgün bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışmada, kavramsal çerçeve ve literatür incelemesinin ardından yöntem detaylandırılmış, bulgular sunulmuş ve bulgular değerlendirilerek yorumlanmıştır.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde sürdürülebilirlik, kurumsal sürdürülebilirlik, kurumsal yönetim, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir katma değer kavramları incelenmiş, çalışmanın analizine temel oluşturan teorik çerçeve ortaya konulmuştur.

1.1. Sürdürülebilirlik, Kurumsal Sürdürülebilirlik ve Kurumsal Yönetim

Sürdürülebilirlik, bireylerden kurumlara, şirketlerden hükümetlere kadar tüm aktörleri ilgilendiren çok boyutlu bir kavramdır. İlk kez 1987 yılında Brundtland Raporu'nda yer alan bu kavram, "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını

karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılamak” şeklinde tanımlanmış ve bu tanım zamanla akademik literatür ile politika belgelerinde evrensel kabul görmüştür (WCED, 1987). Bu tanım çerçevesinde sürdürülebilirlik; çevresel, sosyal ve ekonomik sistemlerin uzun vadede dengeli bir şekilde gelişmesini ve korunmasını ifade eder.

Kurumsal düzeyde sürdürülebilirlik, işletmelerin sadece kısa vadeli kâr odaklılıkla değil, uzun vadeli değer yaratma stratejileriyle faaliyet göstermesini gerekli kılar. Bu durum, özellikle paydaş teorisi bağlamında ele alındığında daha da anlam kazanmaktadır. Paydaş teorisine göre şirketler yalnızca hissedarlarına değil; çalışanlara, tedarikçilere, müşterilere, çevreye ve topluma karşı da sorumludur (Freeman, 1984: 25; Aktin ve Gergin, 2016: 769). Bu yaklaşımla birlikte kurumsal sürdürülebilirlik, yalnızca ekonomik performans değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal etkilerin de sistematik biçimde değerlendirilmesini gerektirir.

Kurumsal sürdürülebilirliğin önemi çok boyutludur. Öncelikle, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi, gelir adaletsizliği ve sosyal ayrımcılık gibi küresel sorunlara karşı duyarlılık, işletmelerin toplum içindeki rollerini yeniden tanımlamalarına yol açmaktadır. Bu yeni anlayışta işletmeler, sadece ürün ve hizmet üreten ekonomik aktörler değil; aynı zamanda sosyal gelişimi destekleyen, çevreye saygılı ve etik sorumluluk taşıyan kurumlar olarak görülmektedir (Carroll ve Shabana, 2010: 90).

Kurumsal yönetim ve sürdürülebilirlik, işletmelerin uzun vadeli başarısını ve paydaş değerini artırmak için giderek daha fazla bütünleşik şekilde ele alınan iki önemli kavramdır. Kurumsal yönetim, bir şirketin yönetim yapısını, şeffaflık ve hesap verebilirliğini düzenleyen mekanizmaları ifade ederken sürdürülebilirlik ise çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerin uzun vadede dengelenmesini amaçlayan stratejik bir yaklaşımdır. Bu iki kavramın kesişim noktası, işletmelerin sadece kâr odaklı yaklaşımıyla değil aynı zamanda çevresel sorumluluk ve sosyal adalet anlayışıyla hareket etmelerini gerektiren bir yönetim modelinin gelişmesine zemin hazırlamaktadır (Eccles vd., 2014: 2835).

Kurumsal yönetim anlayışı, yalnızca paydaşlara değil, işletmeyle etkileşim içerisinde bulunan tüm taraflara yönelik bilgi paylaşımını da kapsamaktadır (İyicil, 2021: 72) Kurumsal yönetimin temel ilkeleri olan şeffaflık, adillik, hesap verebilirlik ve sorumluluk, sürdürülebilirliğin de yapı taşlarını oluşturmaktadır. Bu ilkelerin etkin şekilde uygulanması, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kurumsal yönetimi kilit bir faktör hâline getirmektedir (Clark vd., 2015: 9). Nitekim yönetim kalitesi yüksek olan şirketlerin çevresel ve sosyal performanslarının da daha güçlü olduğu çeşitli ampirik çalışmalarla ortaya konmuştur. Örneğin, yönetim ilkelerini daha etkin uygulayan şirketlerin ESG performanslarında pozitif gelişmeler kaydettikleri ve bu işletmelerin piyasa değerlerinin daha istikrarlı olduğu görülmektedir (Friede vd., 2015: 212).

Sürdürülebilirlik stratejilerinin başarılı olabilmesi için yönetim kurulunun liderliği hayati önem taşımaktadır. Yönetim kurulunun sürdürülebilirlik vizyonunu benimsemesi, bu vizyonun işletmenin stratejik planlarına entegre edilmesi ve paydaşlarla etkin iletişimin sağlanması, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada belirleyici rol oynamaktadır. Özellikle ESG kriterlerinin kurumsal stratejilere entegrasyonu, uzun vadeli değer yaratımı açısından kritik bir süreçtir (Kotsantonis vd., 2016: 10-16).

Kurumsal yönetim ilkelerinin sürdürülebilirlik stratejileriyle entegrasyonu aynı zamanda risk yönetimi açısından da büyük önem taşımaktadır. İklim değişikliği, tedarik zinciri kırılganlığı, sosyal huzursuzluklar gibi riskler, sürdürülebilirlik ekseninde ele alınmadığında işletmelerin itibar kaybına uğraması, yatırımcı güvenini yitirmesi veya yasal yaptırımlara maruz kalması mümkündür. Bu nedenle yönetim yapısı güçlü işletmeler, bu tür riskleri önceden öngörüp gerekli stratejik dönüşümleri gerçekleştirme kapasitesine sahiptir (Schoenmaker ve Schramade, 2019: 356).

Ayrıca kurumsal sürdürülebilirlik raporlarının içeriği ve doğruluğu da kurumsal yönetim yapısı ile yakından ilişkilidir. Etkin bir iç denetim mekanizmasına sahip olan, paydaşların bilgiye erişimini önemseyen ve şeffaf raporlama ilkelerine bağlı işletmeler, sürdürülebilirlik performanslarını daha etkin ve güvenilir biçimde kamuoyuna açıklayabilmektedir. Bu durum, hem yatırımcıların karar alma süreçlerini kolaylaştırmakta hem de işletmenin kurumsal itibarını pekiştirmektedir (GRI, 2025).

1.2. Sürdürülebilir Kalkınma ve Sürdürülebilir Katma Değer

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, 1980’li yıllardan itibaren küresel ölçekte siyasi, ekonomik ve çevresel gündemlerin merkezinde yer almaya başlamıştır. Ekonomik büyümenin çevresel ve toplumsal etkiler gözetilerek gerçekleştirilmesini gerekli kılmaktadır. Kavram, 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun (Brundtland Komisyonu) hazırladığı “Our Common Future” adlı raporla birlikte literatüre şu şekilde girmiştir: “Bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma” (WCED, 1987). Bu tanım, sürdürülebilir kalkınmanın sadece ekonomik büyümeyi değil doğal kaynakların korunması, çevresel dengelerin sağlanması ve sosyal eşitliğin gözetilmesini de zorunlu kıldığını göstermektedir.

Sürdürülebilir kalkınma, farklı disiplinler tarafından ele alınan kapsamlı bir kavramdır. Ekonomik yaklaşımlar maliyet ve büyüme boyutuna odaklanırken, çevre bilimleri doğal kaynakların korunmasını, sosyal bilimler ise eşitlik, yoksulluk ve yönetim unsurlarına odaklanmaktadır (Dernbach, 2003). Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma politikaları 1990’lı yıllarda başlamış olsa da bu alandaki kurumsallaşma süreci 2000’li yıllarda hız kazanmıştır. Türkiye’nin kalkınma planlarında sürdürülebilirlik ilkelerine yer verilmesi, çevre ve şehircilik politikalarının yeniden yapılandırılması, karbon emisyonlarıyla mücadeleyle yönelik stratejilerin geliştirilmesi bu sürecin somut göstergeleri arasında yer almaktadır (TC. Cumhurbaşkanlığı, 2019).

Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, ekonomik büyümenin çevresel ve toplumsal boyutlarla birlikte ele alınmasını gerekli kılarken, bu yaklaşımın işletme düzeyindeki karşılığı ise sürdürülebilir katma değer kavramı ile ifade edilmektedir. Sürdürülebilir katma değer (SKD), yalnızca finansal büyümeyi değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği, toplumsal refahı ve uzun vadeli kurumsal dayanıklılığı hedefleyen değer yaratımını ifade eden bir yaklaşımdır (Hart ve Milstein, 2003: 56-67). SKD yalnızca hissedarlar için değil, çalışanlar, müşteriler, toplum ve çevre gibi tüm paydaşlar için uzun vadeli ve dengeli fayda üretmeyi hedefleyen bir stratejiyi temsil eder (Freeman, 1984: 236; Eccles vd., 2014: 2835).

Geleneksel anlamda katma değer, üretim faktörlerinin (emek, sermaye, doğal kaynaklar vb.) kullanımından doğan farkı ifade etmektedir. Ancak SKD perspektifinde bu tanım, insan sermayesinin gelişimi, inovasyon kapasitesi, tedarik zinciri sürdürülebilirliği ve dijital dönüşüm gibi alanlarla genişlemektedir (Porter ve Kramer, 2011: 62-77).

Günümüzde SKD kavramı, entegre raporlama (Integrated Reporting - IR) ve çevresel, sosyal ve yönetim (Environmental, Social, Governance - ESG) kriterleriyle doğrudan bağlantılı hale gelmiştir. Entegre raporlama, şirketin finansal olmayan performans göstergelerini de raporlayarak yatırımcıya daha bütünsel bir değer yaratım hikâyesi sunmayı hedefler (IIRC, 2013). Literatürde yer alan çeşitli ampirik çalışmalar, ESG performansı yüksek olan işletmelerin piyasa değerlerinin, uzun vadeli finansal istikrarlarının ve itibar düzeylerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Friede vd., 2015).

SKD, bu noktada ESG kriterleri çerçevesinde ölçülür hale gelmiştir. Örneğin, çevresel katma değer, karbon emisyon verileriyle; sosyal katma değer, işgücü çeşitliliği, sayısı veya çalışan memnuniyeti anketleriyle; yönetim katma değeri ise, yönetim kurulu bağımsızlığı ya da etik uyum skoru gibi göstergelerle ölçülmektedir (Sullivan ve Mackenzie, 2017). BİST Sürdürülebilirlik Endeksi, Türkiye’de sürdürülebilir katma değer yaratımına yönelik kurumsal uygulamaların başında gelmektedir. Endekse dâhil edilen işletmeler, ESG performansları doğrultusunda yatırımcılara sunulurken hem sürdürülebilirlik hem de uzun vadeli finansal başarıya işaret etmektedir (Borsa İstanbul, 2017). Ayrıca kamu politikaları düzeyinde, TÜBİTAK destekli yeşil dönüşüm projeleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın Sıfır Atık uygulamaları ve sosyal girişimcilik destek mekanizmaları, SKD yaratımını destekleyen kurumsal araçlar arasında yer almaktadır (TÜBİTAK, 2022; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023; KOSGEB, 2021).

Sürdürülebilir kalkınma ve katma değer üretimi arasındaki ilişki, stratejik planlama süreçlerinin merkezine yerleştirilmektedir. Özellikle kamu kurumlarının ve özel sektörün uzun vadeli stratejik planlarında, değer yaratım mekanizmalarının sadece finansal bileşenleri içermekle sınırlı kalmayıp sosyal ve çevresel bileşenleri içermesi gerektiği kabul görmektedir (Kaplan ve Norton, 2001: 354-359). Bu bağlamda katma değer toplumun geneline yayılan çok boyutlu bir refah artışı anlamına gelmektedir (Sarı, 2015). Sürdürülebilir kalkınma perspektifinde bu yaklaşım, yeşil teknoloji yatırımları, karbon ayak izi azaltımı, kapsayıcı istihdam politikaları ve kaynak verimliliği gibi alanlarla desteklenmekte ve bu uygulamalar sonucunda elde edilen kazanımlar katma değerın yeniden tanımlanmasına yol açmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Sürdürülebilir değer yaratımı, işletmelerin uzun vadeli performansı açısından stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada, işletmelerin yönetsel ve finansal göstergelerinin sürdürülebilir katma değer üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalara odaklanılmış, özellikle yapay zekâ temelli yaklaşımların bu alandaki katkıları değerlendirilmiştir. Tablo 2.1’de literatür özeti verilmiştir.

Tablo 2.1. Literatür Özeti ve Temel Bulgular

Yazar(lar)	Amaç ve Yöntem	Temel Bulgular
St. John ve diğerleri (2000)	İşletme stratejileri ve finansal gösterge değişkenleriyle piyasa katma değeri arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi modellemek amacıyla YSA kullanılmıştır.	YSA modeli, işletmelerin piyasa katma değeri yaratma düzeyini doğru şekilde tahmin etmiştir.
Figge ve Hahn (2004)	Çalışma, işletmelerin çevresel ve sosyal etkileri de göz önünde bulundurarak, sadece ekonomik performansa değil, çoklu sermaye kullanımına dayalı SKD yarattığını ölçmeyi amaçlamaktadır.	Araştırma bulguları, bazı işletmelerin ekonomik verimlilikte başarılı görünse de çevresel ya da sosyal sermaye üzerindeki olumsuz etkiler nedeniyle net SKD'nin negatif olabileceğini ortaya koymuştur.
Hřebíček ve diğerleri (2014)	Çalışma, sürdürülebilir kurumsal performans ve raporlama alanında mevcut ekonomik modelleme yaklaşımlarını incelemek ve yapay zekâ ile yapısal modellerin (örneğin YSA, genetik algoritmalar), karar destek sistemlerine entegrasyonuna yönelik geleceğe dönük araştırma yollarını tanımlamak amacıyla yürütülmüştür.	Çalışma, çok katmanlı YSA'ların veri ön işleme ve modelleme süreçlerinde karmaşık, belirsiz verilerle başa çıkmada avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır.
Sarı (2015)	Çalışmanın temel amacı, işletmelerin ekonomik, sosyal ve çevresel kaynakları ne ölçüde verimli kullandıklarını analiz ederek, SKD üretim üretmediklerini belirlemektir.	Araştırmanın sonuçlarına göre, işletmelerin sadece ekonomik verimliliğe odaklanmaları SKD yaratmak için yeterli değildir. Pozitif SKD elde eden işletmeler, hem kaynaklarını verimli kullanmış hem de çevresel etkileri azaltma konusunda başarılı olmuştur.
Aracı ve Yüksel (2016)	Türkiye'de faaliyet gösteren BİST Sürdürülebilirlik Endeksi kapsamındaki işletmelerin, SKD yaratıp yaratmadığını analiz etmek; ekonomik, çevresel ve sosyal verimlilik boyutlarını fırsat maliyeti yaklaşımıyla değerlendirmektir. Araştırma, Figge & Hahn (2004) tarafından geliştirilen SKD modelini temel almaktadır. Şirketlerin çevresel ve sosyal kaynak kullanım miktarları, finansal performansları (FVÖK vb.) ile emsal işletme veya ulusal ortama göre karşılaştırılarak SKD hesaplanmıştır.	Bulgular, bazı şirketlerin emsallerine kıyasla çevresel ve sosyal verimlilik açısından daha yüksek performans gösterdiğini ve bu sayede pozitif SKD yarattıklarını ortaya koymuştur. Ancak çalışmada, kaynak verimliliğindeki artışın her zaman eko-etkinlik ya da SKD'ye dönüşmediği vurgulanmış; bu noktada fırsat maliyeti yaklaşımının dikkate alınmasının önemine dikkat çekilmiştir.
Rifa ve Muslih (2018)	2009-2018 yılları arasında Asia Sustainability Reporting Rating (ASRR) sistemine tabi Endonezya şirketlerinin sürdürülebilirlik düzeyleri, GRI G4 göstergelerine göre değerlendirilmiş; şirket büyüklüğü, likidite, kaldıraç, kârlılık, yönetim kurulu yaşı ve görev süresi gibi değişkenlerle YSA modeli oluşturularak tahmin analizi gerçekleştirilmiştir.	Çalışmada elde edilen bulgular, YSA'nın şirket sürdürülebilirliği tahmininde etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Finansal göstergeler arasında yer alan şirket büyüklüğü, kaldıraç ve likidite değişkenlerinin model performansına %50'nin üzerinde katkı sağladığı tespit edilmiştir. Diğer yandan, yönetim kurulu yaşı, görev süresi ve kârlılık gibi değişkenlerin etkisi görece düşük kalmıştır. Bu farklılık, finansal yapının, kurumsal sürdürülebilirlik performansının tahmininde yönetsel yapılara göre daha güçlü bir rol oynayabileceğini göstermektedir.
Miljenović (2018)	Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir katma değer (SKD) yönteminin kurumsal sürdürülebilirlik performansını ölçmedeki etkinliğini değerlendirmektir. Bu çerçevede SKD'nin, geleneksel ekonomik katma değer ölçütlerine kıyasla sosyal ve çevresel boyutları içeren bütüncül bir yaklaşım sunup sunmadığı incelenmiştir. Araştırmada Avrupa'daki çeşitli sektörlerden elde edilen veriler kullanılmıştır.	Araştırma bulguları, SKD ölçütünün geleneksel katma değere göre sürdürülebilirlik performansını çok daha kapsamlı bir şekilde yansıttığını ortaya koymuştur. SKD sadece finansal kazançları değil; aynı zamanda kaynak kullanımının çevreye ve topluma olan etkilerini de dikkate alarak bazı işletmelerin aslında değer kaybı yaşadığını göstermiştir.
Güngör ve Dinçel (2018)	Araştırma, Borsa İstanbul'da işlem gören imalat sektörü işletmelerinde uygulanan kurumsal sürdürülebilirlik pratiklerinin finansal performans göstergeleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 2012-2017 yılları arasında BİST 100'e dâhil olan imalat işletmelerinin yıllık raporları analiz edilmiştir. İşletmeler sürdürülebilirlik düzeylerine göre sınıflandırılarak (Dow Jones ESG kriterlerine dayalı olarak),	Sürdürülebilirlik uygulaması düzeyi yüksek olan şirketlerin cari oran, brüt kâr marjı ve Kurumsal Yönetişim Endeksi değerlerinde anlamlı şekilde üst sıralarda yer aldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kurumsal sürdürülebilirlik uygulamalarının kaynak tahsisinde etkinlik sunduğuna, finansal dayanıklılığı artırdığına ve yönetim kalitesini geliştirdiğine işaret etmektedir. Araştırma, sürdürülebilirlik

	MANOVA analizi ile farklı sürdürülebilirlik gruplarının finansal performans göstergeleri (cari oran, brüt kâr marjı, Kurumsal Yönetişim Endeksi vb.) arasında anlamlı farklılık olup olmadığı test edilmiştir.	uygulamaları ile finansal performans arasında pozitif korelasyon olduğunu ve kurumsal değer yaratımına katkı sağladığını ortaya koymuştur.
Guterman (2020)	Çalışma, kavramsal bir literatür incelemesi ve normatif analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ESG kriterlerinin yönetim kurulu işleyişi, paydaş ilişkileri ve uzun vadeli kurumsal stratejiler üzerindeki etkisini teorik çerçevede değerlendirmektedir.	Çalışma bulguları, ESG ilkelerinin kurumsal stratejilere dâhil edilmesinin yalnızca sürdürülebilirlik skorlarını değil, aynı zamanda işletmelerin stratejik yönetim anlayışını da dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır.
Selimoğlu (2021)	Çalışmanın amacı kurumsal yönetim ile kurumsal sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi Türkiye bağlamında kavramsal bir çerçevede incelemektir. Araştırma yöntemi olarak literatür incelemesi kullanılmıştır. Türkiye’de kurumsal sürdürülebilirliğe yönelik düzenlemeler ve uygulamalar, özellikle yönetim mekanizmaları (yönetim kurulu, komiteler, denetim yapıları) üzerinden ele alınmıştır.	Türkiye’de kurumsal yönetim düzenlemeleri önemli ölçüde gelişme göstermiştir ancak uygulamadaki eksiklikler sürdürülebilirlik performansının tam olarak sağlanmasını engellemektedir. Kurumsal yönetimde şeffaflık, hesap verebilirlik ve bağımsızlık gibi ilkelerin uygulanmasının işletmelerin kurumsal sosyal sorumluluk ve çevresel performansını artırabileceğini vurgulanmaktadır. Ayrıca, bu etkinliğin sağlanabilmesi için devletin, iş dünyasının ve sivil toplumun eş zamanlı katkısının gerekliliği ortaya konmuştur.
Turluev ve Hadjieva (2021)	Çalışma YSA ve nörobilgisayar teknolojilerinin kurumsal yönetim süreçlerindeki karar alma mekanizmalarının analizinde nasıl kullanılabileceğini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışma, kavramsal ve metodolojik bir çerçevede yapılandırılmış olup, yapay sinir ağlarının kurumsal yönetim sistemlerine entegrasyonuna yönelik teorik bir model önermektedir. Bu kapsamda YSA’nın temel bileşenleri ve çalışma süreci ele alınmıştır.	Çalışmanın bulguları, YSA’nın kurumsal yönetim sistemlerinde karşılaşılan bilgi eksikliği, belirsizlik ve öznellik gibi yapısal problemlerin yönetilmesinde önemli bir potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır. YSA’nın çok katmanlı yapısı sayesinde geleneksel doğrusal modellerin sınırlı kaldığı karar senaryolarında daha esnek ve etkili çözümler sunabildiğini vurgulanmaktadır. Çalışma, bu yaklaşımın henüz geniş bir ampirik testlere tabi tutulmasa da kurumsal karar destek sistemlerinde önemli bir teknolojik alternatif olduğunu desteklemektedir.
Rasche (2023)	Çalışmanın amacı kurumsal yönetim ile kurumsal sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi tartışmak ve ESG çerçevesinde yönetim yapılarının sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkı sağlayabileceğini kavramsal düzeyde incelemektir. Çalışma teorik bir literatür incelemesine dayanmaktadır. Kurumsal yönetim sisteminin farklı bileşenleri analiz edilerek, hissedar odaklı ve paydaş odaklı yönetim modelleri karşılaştırılmıştır.	Çalışmada, iyi yapılandırılmış bir kurumsal yönetim sisteminin, şirketlerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında önemli bir rol oynayabileceği ifade edilmektedir. Yönetim kurullarının sürdürülebilirlik konularını gündeme alması, özellikle ESG kriterlerinin yönetim boyutunun daha etkili işlemlerini sağlamaktadır. Ayrıca yönetim yapılarının bazı durumlarda sürdürülebilirlik uygulamalarını zorlaştıran engeller de oluşturabileceği belirtilmiştir. Bu nedenle, hem sürdürülebilirlik odaklı yönetim uygulamalarını geliştirmek hem de sürdürülebilirliği destekleyen yeni yönetim modelleri tasarlamak gerektiği vurgulanmaktadır.
Yang (2024)	Çalışma, sürdürülebilir kalkınma stratejisi bağlamında kurumsal finansal muhasebe yönetim sistemlerinin işletmelerin yenilikçilik kapasitesi üzerindeki etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. İşletmelere finansal risklere karşı dayanıklılığını değerlendirmeye yönelik bir erken uyarı sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, ana bileşen analizi ve Kaiser Meyer Olkin testi kullanılarak etki değişkenlerinden oluşan bir gösterge sistemi oluşturulmuştur. Ardından, geleneksel geri yayılım (BP) sinir ağı ile geliştirilmiş RBF (Radial Basis Function) sinir ağı modelleri karşılaştırmalı olarak test edilmiştir.	Geliştirilmiş RBF sinir ağı modeli, BP modeline kıyasla daha yüksek sınıflandırma doğruluğu sağlamıştır (%93,6’ya karşı %79,6). Test örneklerinde, BP modeli yedi yanlış sınıflandırma üretirken, RBF modeli yalnızca üç hata yapmıştır. Bu sonuçlar, önerilen yöntemin finansal risk erken uyarı sistemlerinde daha güvenilir ve etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, modelin kurumsal finansal durumu değerlendirme konusunda yüksek başarı gösterdiği ve geleneksel BP yönteminden daha istikrarlı olduğu tespit edilmiştir.

Tabloda yer alan çalışmalar incelendiğinde, literatürün sürdürülebilir katma değer, kurumsal yönetim ve yapay zekâ temelli analiz yaklaşımları olmak üzere üç temel eksen etrafında şekillendiği görülmektedir. Sürdürülebilir katma değer odaklı araştırmalar, işletme performansının yalnızca ekonomik çıktılarla sınırlı kalmayıp çevresel ve sosyal etkileri de kapsayacak şekilde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Kurumsal yönetim alanındaki çalışmalar, yönetim mekanizmalarının sürdürülebilir performans üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır. Diğer taraftan, yapay sinir ağları gibi yöntemlerin, çok boyutlu ve karmaşık ilişkilerin analizinde etkili sonuçlar sunduğu çeşitli araştırmalar tarafından desteklenmektedir. Bununla birlikte, söz konusu yaklaşımların bütüncül bir çerçevede ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle kurumsal göstergeler ile sürdürülebilir katma değer arasındaki ilişkinin yapay zekâ temelli yöntemlerle birlikte analiz edildiği çalışmaların literatürde yeterince yer bulmadığı görülmektedir. Bu durum, hem kuramsal çerçeve hem de yöntemsel yaklaşım açısından önemli bir boşluğa işaret etmektedir. Bu kapsamda mevcut çalışma, söz konusu ilişkileri yapay sinir ağları yöntemi ile analiz ederek literatüre katkı sunmayı hedeflemektedir.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada iki aşamalı bir analiz süreci izlenmiştir. İlk aşamada, çalışmanın bağımlı değişkenini oluşturan SKD, Figge ve Hahn (2004) modeline dayalı olarak hesaplanmıştır. Bu model, işletmelerin ekonomik çıktılarının yanı sıra çevresel ve sosyal sermaye kullanımını da dikkate alarak fırsat maliyeti yaklaşımıyla sürdürülebilirlik performansını ölçmektedir.

İkinci aşamada ise, kurumsal yapının yönetsel ve finansal bileşenlerinin söz konusu SKD üzerindeki etkilerini tahmin etmek amacıyla yapay sinir ağları (YSA) uygulanmıştır. YSA'nın doğrusal olmayan ilişkileri öğrenme kapasitesi sayesinde, değişkenler arasındaki karmaşık etkileşimler daha gerçekçi biçimde modellenmiştir. Modelleme sürecinde eğitim ve test veri setleri oluşturulmuş; modelin performansı doğruluk oranı, hata payı ve açıklayıcılık katsayısı gibi istatistiksel ölçütlerle değerlendirilmiştir.

Çalışmada iki farklı yöntem kullanılmasının nedeni, sürdürülebilir katma değer farklı açılardan ele alınabilmesini sağlamaktır. İlk yöntemde SKD, literatürde yer alan hesaplama modeline dayalı olarak sınırlı sayıda değişkenle hesaplanmıştır. İkinci yöntemde ise YSA kullanılarak farklı değişkenlerin SKD üzerindeki tahmin gücü tespit edilmiştir. Böylece çalışmada aynı kavram farklı açılardan ele alınmış, yalnızca sayısal hesaplamalara dayalı değil aynı zamanda çok değişkenli tahmin modellerine dayalı bir analiz yapılmıştır. Bu durum, çalışmanın güvenilirliğini artırmakta ve daha kapsamlı bir değerlendirme imkânı sunmaktadır.

Araştırmanın veri setini BİST Sürdürülebilirlik Endeksinde yer alan işletmeler oluşturmaktadır. Öncelikle bu işletmelerden her yıl sürdürülebilirlik raporunu eksiksiz olarak yayımlayan 31 işletme olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada yer alan işletmeler, ana metin boyunca gizlilik ve tarafsızlık ilkesine uygun olarak X1, X2, X3... şeklinde karışık bir şekilde kodlanarak ifade edilmiştir. Ancak çalışmanın bütünlüğü ve okuyucunun örneklem yapısını görebilmesi amacıyla işletmelere ait gerçek ünvanlar EK bölümünde listelenmiştir. İlgili işletme isimleri yalnızca bilgilendirme amaçlı

sunulmuş olup, yorum ve analizlerde tarafsızlık esas alınmıştır. Analiz 2017 ile 2023 yılları arasındaki yedi yılı kapsamaktadır.

Araştırmada, kurumsal yapının temel bileşenleri olarak kabul edilen yönetsel ve finansal faktörlerin, işletmelerin SKD yaratma becerisi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Kurumsal yapı bileşenleri analizde bağımsız değişkenleri oluşturmaktadır. Bunlardan yönetsel değişkenler sırasıyla; yönetim kurulu üye sayısı, kadın yönetim kurulu üyesi sayısı, yönetim kurulundaki bağımsız üye oranı, işletmenin faaliyet süresidir. Finansal değişkenler ise kârlılık (aktif kârlılık), işletme büyüklüğü, likidite oranı, finansal kaldıraç oranıdır (Dinçer ve Oğuz, 2016; Yılmaz ve Büyüklü, 2016; Ararat ve Yurtoğlu, 2021; Tuan ve Aslan, 2022). Bu değişkenler işletmelerin sürdürülebilirlik raporlarından, faaliyet raporlarından, kamu aydınlatma platformundan ve Finnet 2000 Plus veri tabanından elde edilmiştir. Analizin bağımlı değişkeni SKD'dir. SKD, işletmelerin ekonomik, çevresel ve sosyal fayda üretme kapasitesini bir arada değerlendiren bütünsel bir performans göstergesidir (Elkington, 1997; Figge ve Hahn, 2004). Araştırmanın ilk aşamasında işletmelere ait SKD'ler hesaplanmış ve bu değerler, YSA modelinde çıktı (hedef) olarak kullanılmıştır. SKD'de yer alan değişkenler; Enerji tüketimi (GJ), Karbon Emisyonu (CO₂) ve istihdam edilen kişi sayısıdır. Bu veriler işletmelerin sürdürülebilirlik raporlarından, entegre raporlarından ve faaliyet raporlarından elde edilmiştir. Enerji tüketimi ortak enerji birimi GJ cinsinden hesaplanmıştır. Farklı enerji birimleri ile tüketimlerini yayımlayan işletmelerin verileri GJ birimine dönüştürülmüştür. SKD hesaplanırken emsal olarak Türkiye Cumhuriyeti seçilmiştir. Türkiye'nin verileri TÜİK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın resmi internet sitesinde açıklanan verilerden elde edilmiştir.

3.1. Sürdürülebilir Katma Değer

Bu çalışmada bağımlı değişken olarak kullanılan SKD, Figge ve Hahn (2004) tarafından geliştirilen model esas alınarak hesaplanmıştır. Söz konusu model, işletmelerin ekonomik, çevresel ve sosyal sermayeyi ne derece etkin kullandığını ölçmeyi hedeflemektedir. Bu yaklaşımla, işletmelerin ekonomik çıktıları ile bu çıktıları elde ederken kullandıkları çevresel ve sosyal sermaye girdilerini karşılaştırarak net bir sürdürülebilirlik performansı ölçümü sunulmaktadır.

Hesaplama süreci, işletmenin belirli bir dönem için elde ettiği ekonomik çıktının Faiz ve Vergi Öncesi Kâr (FVÖK) tespit edilmesiyle başlamıştır. Bu çıktı, çevresel (örneğin enerji tüketimi) ve sosyal (örneğin çalışan istihdamı) sermaye girdileriyle ilişkilendirilmiştir. Bu kaynak kullanımları, Türkiye ekonomisinin ortalama sermaye verimliliği ile karşılaştırılmış; böylece her işletme için fırsat maliyeti esasına dayalı bir kıyaslama yapılmıştır.

SKD hesaplanmasında şu sorular temel alınmıştır (Aracı ve Yüksel, 2016: 789):

1. İşletmenin kullandığı kaynak miktarı ne kadardır?
2. İşletme bu kaynakları ile ne kadar getiri yaratır?
3. Emsal işletme bu kaynakla ile ne kadar getiri yaratır?
4. İşletmenin değer yaratan ve yaratmayan kaynakları hangileridir?
5. İşletme ne kadar sürdürülebilir değer yaratmıştır?

SKD'nin hesaplanmasında ilk olarak, işletmenin kullandığı çevresel ve sosyal kaynakların miktarı belirlenir. Bu verilere genellikle işletmenin yayımladığı sürdürülebilirlik raporları aracılığıyla ulaşılır. Kaynakların verimliliği, faaliyet kârının bu kaynaklara bölünmesiyle hesaplanır ve her bir kaynağın ne kadar katkı sunduğu ortaya konur. Ardından aynı sektördeki bir işletme ya da ülke ekonomisi emsal olarak seçilir ve aynı yöntemle emsal etkinliği hesaplanır. İşletme ile emsal arasındaki verimlilik farkı çarpılarak işletmenin SKD'si hesaplanır. Alternatif olarak, emsalin verimliliğiyle işletmenin kaynak kullanımı çarpılıp fırsat maliyeti elde edilir. Bu maliyet ile işletmenin gelirinin farkı, sürdürülebilirliğe yaptığı parasal katkısı yansıtır.

Eğer işletme daha fazla değer yaratmışsa pozitif SKD söz konusudur. Bu da, kaynak kullanımında verimli olduğunu ve sürdürülebilir kalkınmaya destek sunduğunu gösterir.

SKD hesaplama süreci aşağıdaki yedi adımdan oluşmaktadır:

1. Adım - Kaynakların Belirlenmesi: İşletmenin sürdürülebilirlik raporlarından çevresel (örn. enerji, su, atık) ve sosyal (örn. çalışan sayısı, iş sağlığı göstergeleri) kaynaklar ile bu kaynakların kullanım miktarları tespit edilir.

2. Adım - Gelir Verisinin Alınması: İşletmenin yıllık FVÖK'ü finansal tablolardan elde edilir. Bu veri, kaynak kullanım etkinliğini hesaplamak için temel gelir ölçütü olarak kullanılır.

3. Adım - Etkinlik Hesaplaması: Her bir kaynak için işletmenin etkinliği, FVÖK'ün kaynak kullanım miktarına bölünmesiyle bulunur:

$$\text{Kaynak Kullanım Etkinliği (Verimliliği)} = (\text{İşletmenin FVÖK}) / (\text{Kaynak Kullanım Miktarı}) \quad (3.1)$$

4. Adım - Emsalin Seçilmesi: Bu çalışmada Türkiye Cumhuriyeti, emsal ülke olarak belirlenmiştir (Aracı & Yüksel, 2016). Karşılaştırma için Türkiye ekonomisine ait kaynak kullanım miktarları ve gelir (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla - GSYH) kullanılmıştır.

5. Adım - Emsal Etkinliğinin Hesaplanması: Türkiye'nin birim başına kaynak kullanım etkinliği, referans dönemdeki toplam gelirin (FVÖK veya GSYH) toplam kaynak miktarına bölünmesiyle bulunur:

$$\text{Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği} = (\text{Emsalin FVÖK}) / (\text{Kaynak Kullanım Miktarı}) \quad (3.2)$$

6. Adım - Fırsat Maliyeti ve SKD Hesaplanması: İşletme ve emsal arasındaki etkinlik farkı, işletmenin kullandığı kaynak miktarıyla çarpılır ve parasal değer ortaya çıkar:

$$\text{İşletmenin Sürdürülebilir Değere Katkısı} = (\text{İşletmenin Kaynak Kullanım Etkinliği} - \text{Emsalin Kaynak Kullanım Etkinliği}) \times \text{İşletmenin Kaynak Kullanım Miktarı}$$

veya

$$\text{Fırsat Maliyeti} = \text{Emsalin Kaynak Kullanım Etkinliği} \times \text{İşletmenin Kaynak Kullanım Miktarı}$$

$$\text{İşletmenin Sürdürülebilir Değere Katkısı} = \text{İşletmenin Getirisi} - \text{Fırsat Maliyeti}$$

Alternatif olarak, emsal etkinlik ile kaynak miktarı çarpılarak fırsat maliyeti hesaplanır ve bu değer, işletmenin geliri ile karşılaştırılarak net katkı belirlenir.

7. Adım - Toplam SKD'nin Hesaplanması: Her bir kaynak için hesaplanan SKD'lerin toplamı alınarak işletmenin genel sürdürülebilirlik katkısı belirlenir. İsteğe bağlı olarak, getirinin fırsat maliyetine oranı da hesaplanabilir:

$$\text{Getiri Maliyet Oranı} = (\text{Getiri Toplamı})/(\text{Fırsat Maliyeti}) \quad (3.3)$$

3.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları, insan beynindeki sinir hücrelerinin bilgi iletim ve işleme biçiminden esinlenerek geliştirilen, öğrenme ve ilişkilendirme yeteneklerine sahip yapay zekâ sistemleridir. Bu sistemlerde yapay nöronlar, tıpkı biyolojik sinir hücreleri gibi bilgi alır, işler ve iletir. YSA'lar, yapay nöronlar arasında kurulan bağlantılar sayesinde karmaşık problemleri kısa sürede analiz edebilmekte ve özellikle sınıflandırma, tahmin ve modelleme gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztemel, 2006: 29).

YSA, yöneylem araştırması alanındaki klasik analiz yöntemlerine alternatif olarak geliştirilen, özellikle doğrusal olmayan yapıları modellemedeki başarısıyla öne çıkan bir yöntemdir. Regresyon analizleri bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkilere odaklanırken, YSA bu sınırı aşarak daha karmaşık fonksiyonel yapıları ortaya çıkarabilir. Ayrıca, istatistiksel yöntemlerde sıkça karşılaşılan dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadan esnek yapıdaki veri setlerinde de çalışabilir (Ermış, 2005).

YSA, zamanla birçok farklı alanda etkili sonuçlar veren bir yapay zekâ tekniği olarak yaygınlaşmıştır. Önceki yıllarda laboratuvar ortamında, benzetim verileriyle sınırlı kalan çalışmalar, artık gerçek dünyadan toplanan büyük veri setleriyle yürütülmektedir. Finans, savunma, mühendislik ve akademi gibi pek çok alanda Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma gibi tekniklerle birlikte kullanılmaktadır. Uygulama alanları şöyle sıralanabilir (Öztemel, 2006: 204):

Tahminleme: Eğitim verilerine dayanarak gelecekteki değerleri hesaplama.

Sınıflama: Girdi verilerinin gruplandırılması.

Veri tamamlama ve hata bulma: Eksik ya da yanlış verilerin tespiti ve düzeltilmesi.

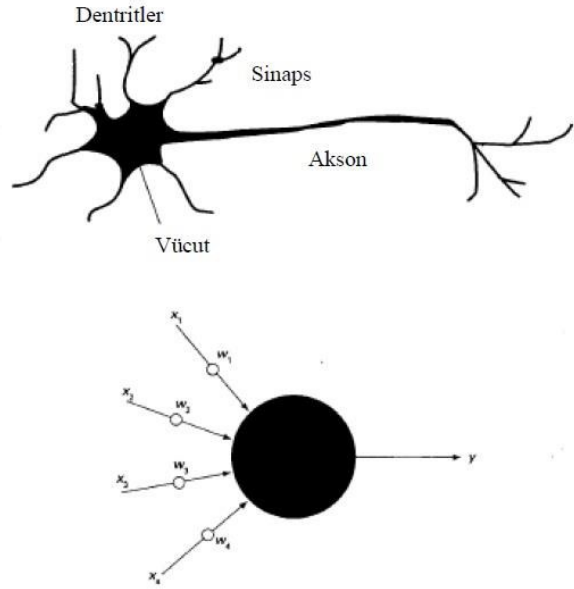
Filtreleme: Kullanılacak verilerin ayrıştırılması.

Örüntü tanıma: Karmaşık veriler içinde düzenli yapıları ortaya çıkarma.

Teşhis: Sistemsel hataların ya da problemlerinin ortaya çıkarılması sağlanır.

Anlamlandırma: Yeni veriler üzerinden yorum geliştirme.

YSA'lar yapı ve işleyiş açısından biyolojik sinir sistemlerine benzeten, bilgi işleme temelli matematiksel modellerdir (Fausett, 2006: 3). Bu çerçevede Rojas (1996: 11), yapay sistemlerin işleyişini doğru şekilde kavrayabilmek için, biyolojik nöronların temel çalışma prensiplerinin anlaşılması gerektiğini belirtmiştir. Aamodt (2009) ise sinir bilimlerinin karmaşık yapısını vurgulayarak, mevcut bilimsel birikimin hâlen pek çok temel soruya yanıt veremediğini ifade etmiştir. Buna rağmen, Aamodt'a göre YSA'lar, biyolojik sistemlerin basitleştirilmiş birer temsili olarak kabul edilebilir ve bu basitleştirme, YSA modellerinin daha anlaşılır bir çerçevede incelenmesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 3.1. Biyolojik Sinir Hücresi ve Yapay Modeli

Biyolojik sinir hücresi dentrit, akson ve sinaps gibi bölümlerden oluşur (bkz. Şekil 3.1). Dentritler dışarıdan gelen sinyalleri toplarken, bu sinyaller hücre gövdesi tarafından işlenir ve akson aracılığıyla diğer nöronlara iletilir. Kriesel (2007) dentritlerin bilgi alımındaki rolünü vurgularken, sinapsların ise bir hücreden diğerine kimyasal/elektriksel sinyal iletimini sağladığını belirtmiştir. Rojas (1996) bu yapıları YSA'nın temel yapı taşları olarak ele alır.

Sinir hücrelerinin bu yapısal birleşimi, beynin temel iletişim ağı olan sinir ağlarını meydana getirir. Öztemel'e (2006) göre, bu ağlar milyarlarca sinir hücresinden oluşur ve insan beynindeki nöronlar yaklaşık 10^{11} adede ulaşmakta, her biri yaklaşık 10^4 bağlantı kurmaktadır (Mitchell, 1997: 82). Buna rağmen bilgi aktarım hızı bilgisayarlardan daha yavaş olsa da, insan beyni çok daha karmaşık kararları yüksek hızda verebilmektedir (Bloom, 2008: 9).

Yapay sinir hücreleri, bu biyolojik modele benzer biçimde geliştirilen birimlerdir. Şekil 3.1'de gösterildiği gibi, bir yapay nöron; girdi vektörleri (x), ağırlıklar (w), bir toplama işlevi, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı (y) bileşenlerinden oluşur (Öztemel, 2006: 48). Bu yapılar sinir ağı katmanlarında birleşerek, bilgiyi işler ve öğrenme sürecini mümkün kılar.

Györfi ve arkadaşları (2002), YSA'ları bilgi girişlerini analiz eden ve uygun çıktılar üreten yapılar olarak tanımlar. Kamruzzaman ve arkadaşları (2006) ise YSA'ların basitleştirilmiş yapıda olduklarını, ancak öğrenme, genelleme ve eksik veri veya veri gürültüsüne karşı toleranslı işlem yapabilme özelliklerinin onları güçlü araçlar hâline getirdiğini ifade eder.

YSA bilgi işleme işlevini gerçekleştirmek amacıyla birden fazla katmandan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yapılar genel olarak girdi katmanı (input layer), gizli katmanlar (hidden layers) ve çıktı katmanı (output layer) olmak üzere üç temel bölümden oluşur. Bu katmanların her biri, bilgi akışında belirli görevleri üstlenmektedir.

Girdi Katmanı: Bu katman, dış ortamdan alınan bilgilerin sinir ağına ilk kez sunulduğu katmandır. Buradaki her nöron, sistemde kullanılan bir girdi değişkenini temsil eder. Bu katmanda herhangi bir işlem yapılmaz, yalnızca gelen veri sonraki katmanlara iletilir (Adıyaman, 2007: 8).

Gizli Katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgileri işleyerek örüntüleri ve ilişkileri öğrenir. Aktivasyon fonksiyonları burada devreye girer ve ağı öğrenme kapasitesi bu katmanlarla doğrudan ilişkilidir (Haykin, 1999: 26).

Çıktı Katmanı: Ağın son katmanıdır ve gizli katmandan gelen işlenmiş bilgileri yorumlayarak nihai sonucu üretir. Bu katmandaki nöron sayısı, problemin çözümüne göre belirlenir (örneğin, sınıflandırma problemi varsa sınıf sayısı kadar nöron olabilir) (Öztemel, 2006: 48).

4. BULGULAR

Bu bölümde, YSA ile gerçekleştirilen tahminlerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Öncelikle işletmelerin SKD düzeyleri hesaplanmış, ardından elde edilen SKD değerleri YSA modelinde çıktı değişkeni olarak kullanılmıştır. Modelde girdi değişkenleri olarak kurumsal yapıyı temsil eden finansal ve yönetsel göstergeler dikkate alınmıştır. YSA modeli, bu değişkenler arasındaki ilişkileri öğrenerek SKD'yi tahmin etmeye yönelik eğitilmiştir. Eğitim, doğrulama ve test aşamalarında modelin performansı çeşitli hata ölçütleri ve korelasyon katsayısı (R) üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, YSA'nın çok değişkenli yapılarla çalışmada etkin bir tahminleme aracı olduğunu ve kurumsal yapı unsurlarının SKD üzerindeki etkilerinin başarılı bir şekilde modellenebildiğini ortaya koymaktadır.

4.1. Sürdürülebilir Katma Değer Hesaplamalarına İlişkin Bulgular

Bu çalışmada, işletmelerin sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmek amacıyla Figge ve Hahn (2004) tarafından geliştirilen SKD yaklaşımı esas alınarak analiz gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada kullanılan veriler doğrultusunda, öncelikle işletmelerin yıllık faiz ve vergi öncesi kâr (FVÖK) değerleri ile çevresel ve sosyal kaynak kullanımı verileri (enerji tüketimi, istihdam, CO₂ emisyonu) kullanılarak birim başına kaynak kullanım etkinlikleri hesaplanmıştır. Ardından, Türkiye ekonomisi emsal alınarak aynı kaynakların ortalama kullanım etkinliği belirlenmiş ve her bir kaynak için fırsat maliyeti oluşturulmuştur. İşletmelerin yaratmış oldukları getiriler ile fırsat maliyetleri karşılaştırılarak, her bir kaynağın SKD'ye katkısı parasal olarak ifade edilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde, analiz yönteminin işleyişini somutlaştırmak amacıyla seçilen örnek bir işletme ve örnek bir yıl için SKD hesaplaması ayrıntılı olarak sunulmuştur. Diğer işletmelere ait hesaplama sonuçları ise tablo formatında verilerek karşılaştırmalı analiz yapılması sağlanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan formüller ve adımlar yöntem bölümünde detaylı bir şekilde verilmiştir. Bu doğrultuda analiz kapsamındaki örnek işletmenin 2023 yılında, seçilen kaynakları ile yarattığı SKD Tablo 4.1. ve 4.2'deki gibi hesaplanacaktır:

Tablo 4.1. Örneklem Dâhilindeki İşletmenin ve Emsalin Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği ve Her Bir Kaynak İçin Fırsat Maliyeti

X1		
Seragazi Emisyonu (CO ₂)	İşletmenin Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği	$84.445.910.000 / 21.903 = 3.855.449,48$
	Ülkemizin Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği	$26.545.722.000.000 / 598.900.000 = 44.324,13$
	İşletme İçin Fırsat Maliyeti	$21.903 * 44.324,13 = 970.831.439,10$
Enerji Tüketimi (GJ)	İşletmenin Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği	$84.445.910.000 / 471.836,51 = 178.972,81$
	Ülkemizin Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği	$26.545.722.000.000 / 895.849.596 = 29.631,89$
	İşletme İçin Fırsat Maliyeti	$471.836,51 * 29.631,89 = 13.981.407.562,30$
İstihdam edilen kişi	İşletmenin Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği	$84.445.910.000 / 12.864 = 6.564.514,14$
	Ülkemizin Birim Başına Kaynak Kullanım Etkinliği	$26.545.722.000.000 / 31.632.000 = 839.204,66$
	İşletme İçin Fırsat Maliyeti	$12.864 * 839.204,66 = 10.795.528.746,24$

Tablo 4.2. Örneklem Dâhilindeki İşletmelerin Yarattığı Sürdürülebilir Katma Değer

X1					
Kullanılan Kaynak	İşletme Tarafından Kullanılan Kaynak Miktarı	İşletmenin Finansman Gelir/Gider Öncesi Faaliyet Karı (TL)	-	Fırsat Maliyeti (TL)	= Değer Katkısı
CO ₂ Emisyonu	Ton	84.445.910.000	-	970.831.439,10	= 83.475.078.560,90
Enerji Tüketimi	GJ	84.445.910.000	-	13.981.407.562,30	= 70464502437,70
İstihdam Edilen Kişi	Kişi	84.445.910.000	-	10.795.528.825	= 73.650.381.175,29
Toplam				25.747.767.826	227.589.962.173,89
Sürdürülebilir Değer		84.445.910.000		$25.747.767.826 / 3 = 8.582.589.275$	$227.589.962.173,89 / 3 = 75.863.320.724,63$
Getiri Maliyet Oranı		84.445.910.000	/	8.582.589.275	= 9,84

SKD değer hesaplamasında örnek işletme olarak X1 işletmesi seçilmiştir. Tabloya göre işletme, üç temel kaynak kullanımına (CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve istihdam) dayalı olarak fırsat maliyeti ile yaratılan değer arasındaki fark üzerinden analiz edilmiştir. 2023 yılında X1'in yarattığı SKD 75.863.320.724,63 TL olarak hesaplanmıştır. SKD'nin pozitif olması, işletmenin ilgili kaynakları Türkiye ortalamasına kıyasla daha etkin ve verimli kullandığını göstermektedir. Bu durum, işletmenin sürdürülebilirlik ilke ve uygulamalarına olumlu katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan getiri maliyet oranı 9,84 olarak hesaplanmıştır. Bu oran, X1'in kullandığı kaynaklar üzerinden Türkiye ortalamasına göre yaklaşık %884 daha fazla değer ürettiğini ve kaynaklarını neredeyse 10 kat daha verimli kullandığını göstermektedir. Bu sonuç, işletmenin kaynak etkinliğinin yüksek düzeyde olduğunu ve sürdürülebilirlik performansının güçlü bir yapıya sahip olduğunu teyit etmektedir.

Çalışmada yer alan diğer işletmelerin yıllara göre sürdürülebilir değer (TL) ve getiri maliyet oranı Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. İşletmelerin Yıllara Göre Sürdürülebilir Değer (TL) ve Getiri Maliyet Oranı

İşletmeler		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
X1.	Sürdürülebilir Değer	6699004941,67	6055483412,67	5628721647,00	6808427049,67	14588180216,33	76292799075,00	75863320724,63
	Getiri Maliyet Oranı	9,19	7,58	5,80	6,99	10,87	26,71	9,84
X2.	Sürdürülebilir Değer	-14365590058,67	-20732678525,33	-24429638682,00	-28464196972,00	-37958702281,33	-76482399695,67	-324575484214,57
	Getiri Maliyet Oranı	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
X3.	Sürdürülebilir Değer	-3444573553,67	-3311206616,00	-82464087953,00	-4620102120,67	-14091359937,67	-24283073820,67	-16600017963,61
	Getiri Maliyet Oranı	-0,01	-0,01	0,52	0,02	0,04	-0,07	0,10
X4.	Sürdürülebilir Değer	-4083811519,11	-3975332519,11	-6727896527,00	-6221155145,00	-15301952807,67	-45444985973,33	-31542705608,94
	Getiri Maliyet Oranı	0,09	0,12	0,07	0,12	0,08	0,08	0,10
X5.	Sürdürülebilir Değer	104115517,67	-51078919,67	-163267492,33	48119363,33	-205604402,33	1735971725,33	3696821031,74
	Getiri Maliyet Oranı	1,56	0,77	0,35	1,17	0,28	4,00	3,67
X6.	Sürdürülebilir Değer	-5601836607,33	-1132569508,67	-114430555,67	-650585736,33	-497101719,33	7088959006,67	-29645020683,83
	Getiri Maliyet Oranı	0,17	0,54	0,96	0,81	0,90	1,70	0,49
X7.	Sürdürülebilir Değer	14013589,33	576677835,33	53660684,00	1625841092,33	2188371297,00	1336107867,67	-26541139002,22
	Getiri Maliyet Oranı	1,01	1,28	1,02	1,47	1,43	1,13	0,34
X8.	Sürdürülebilir Değer	902464955,00	1703109342,33	2508677692,00	4421311683,00	8178494452,33	15333478359,67	26209020430,92
	Getiri Maliyet Oranı	3,25	4,29	4,70	6,05	7,56	6,75	3,65
X9.	Sürdürülebilir Değer	562517847,00	263656567,33	367681431,67	-52542732,00	598857912,33	5589471525,00	6082364955,87
	Getiri Maliyet Oranı	6,23	3,31	3,64	0,71	3,29	9,94	4,03
X10.	Sürdürülebilir Değer	-113358169,67	-71067339,00	-44913147,00	-121872541,67	-6678972564,00	-16821412590,00	-3055501485,20
	Getiri Maliyet Oranı	-0,17	0,52	0,77	0,53	0,03	-0,05	-1,38
X11.	Sürdürülebilir Değer	-99920767,00	115980370,67	135392790,33	354841769,67	857933198,33	5219974445,33	-23280543678,80
	Getiri Maliyet Oranı	0,90	1,10	1,10	1,21	1,34	1,78	0,47
X12.	Sürdürülebilir Değer	-409979410,67	-8384429976,33	-9084849284,67	-20668575621,33	-29513451744,67	-47445686905,67	-295802793046,68
	Getiri Maliyet Oranı	0,49	0,04	0,02	0,02	0,03	0,08	0,02
X13.	Sürdürülebilir Değer	419867854,33	310371592,67	521522801,67	1538091253,33	3337089861,00	12449537877,33	-56634485894,13
	Getiri Maliyet Oranı	3,70	1,93	4,46	10,14	15,64	2,90	0,00
X14.	Sürdürülebilir Değer	-16460489018,33	1311807890,33	-1748303010,67	2813902178,00	-13686935544,33	-28841366426,67	-31032198850,72
	Getiri Maliyet Oranı	0,16	2,44	0,72	2,20	0,32	0,09	0,41
X15.	Sürdürülebilir Değer	649183164,00	1060832387,33	952205951,00	3204094036,33	7245146735,33	22455408848,33	48083894524,78
	Getiri Maliyet Oranı	1,61	1,87	1,65	3,00	4,36	5,69	3,46
X16.	Sürdürülebilir Değer	-1843126743764,67	-209955688877,00	-2105600893434,33	-73503664173,67	-96807731701,67	45074653659,00	-1139634527821,41
	Getiri Maliyet Oranı	0,01	0,00	0,00	0,14	0,22	1,34	0,14
X17.	Sürdürülebilir Değer	-479659432,67	-699498685495,93	-1428168790,00	-1616716508,00	-1762040310,33	-4533541992,00	-51999963923,61
	Getiri Maliyet Oranı	0,38	0,30	0,31	0,20	0,43	0,27	0,00
X18.	Sürdürülebilir Değer	13551814,00	8082696,33	24876318,33	31818497,67	105704245,00	553763161,67	-30333265,36
	Getiri Maliyet Oranı	1,30	1,14	1,34	1,38	1,90	3,06	0,95
X19.	Sürdürülebilir Değer	-840169366,67	-2651792941,00	-1560356996,67	-3610390205,67	-6596874178,00	-21402151353,33	-54503472845,65
	Getiri Maliyet Oranı	0,62	0,10	0,34	0,23	0,12	-0,31	-0,20
X20.	Sürdürülebilir Değer	84534567,33	91844428,67	323030578,33	499776530,00	852571755,67	628244871,33	-848538457,32
	Getiri Maliyet Oranı	1,59	1,62	2,78	3,12	3,57	1,63	0,81
X21.	Sürdürülebilir Değer	-50216054,33	-113228364,00	-340526909,33	-186807057,67	-43144100,00	1180920894,33	-26429439242,39
	Getiri Maliyet Oranı	0,74	0,48	-0,44	0,29	0,88	2,78	0,08
X22.	Sürdürülebilir Değer	-1474751475,67	-1392450630,67	-3030051556,33	-2409006108,67	-3298485281,33	-13365567281,67	-44794936575,83
	Getiri Maliyet Oranı	-0,05	0,01	0,10	0,27	0,25	0,01	-0,04
X23.	Sürdürülebilir Değer	100933505,00	271321069,33	695507269,67	955630464,00	2682021681,33	6699113866,67	10905646935,00
	Getiri Maliyet Oranı	1,10	1,29	1,71	1,85	2,85	3,51	2,15
X24.	Sürdürülebilir Değer	2714877117,67	4603640532,33	4511464261,00	5947648563,00	12409728062,33	15663472094,33	4804668979,93
	Getiri Maliyet Oranı	3,62	4,27	3,52	3,95	6,45	4,08	1,12
X25.	Sürdürülebilir Değer	-32904740657,67	-35216041866,33	-15321456738,67	-49955777083,33	-24276038033,67	-81058493405,67	-892084238973,17
	Getiri Maliyet Oranı	0,13	0,15	0,14	-0,01	0,06	0,46	0,11
X26.	Sürdürülebilir Değer	-85735740259,33	-98441496593,67	-122192226635,00	-105884383490,33	-111123874839,33	-363914925064,33	-3079517299308,96
	Getiri Maliyet Oranı	0,05	0,07	0,05	-0,01	0,13	0,13	0,03
X27.	Sürdürülebilir Değer	6434519467,33	7611522009,67	6762872499,67	6946145635,00	13147779494,33	69357203181,33	88634569780,12
	Getiri Maliyet Oranı	7,39	6,15	5,00	4,64	6,65	16,10	8,90
X28.	Sürdürülebilir Değer	-10949028833,67	-32335373792,00	-38182859104,67	-44572751650,33	-55736907449,67	-139561713456,33	-1046204885451,93
	Getiri Maliyet Oranı	0,16	0,11	0,08	0,09	0,15	0,19	0,03
X29.	Sürdürülebilir Değer	3996641903,33	4318719524,67	2544185913,33	5200436702,33	3693623198,33	34134352034,00	17820225843,14
	Getiri Maliyet Oranı	6,89	6,17	3,38	5,20	3,31	11,98	3,35
X30.	Sürdürülebilir Değer	351489597,67	1481461595,67	1131177529,67	2310329046,00	6706935514,33	8117581664,00	-1897384071,82
	Getiri Maliyet Oranı	1,41	2,49	1,99	2,75	4,97	3,32	0,93
X31.	Sürdürülebilir Değer	-4551718296,67	5460783140,67	3153332131,33	5212151298,00	11751285481,00	65020956725,00	73079278510,36
	Getiri Maliyet Oranı	0,50	14,83	3,66	4,89	7,78	20,75	8,72

Tablo bulguları incelendiğinde, işletmelerin sürdürülebilir katma değer düzeylerinin hem yıllar itibarıyla hem de işletmeler arasında farklılık gösterdiği görülmektedir. Pozitif sürdürülebilir katma değer değerleri, işletmelerin CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve istihdam gibi kaynakları ortalama değerlere kıyasla daha etkin kullandığını ortaya koymaktadır. Buna paralel olarak, yüksek getiri/maliyet oranları, işletmelerin kullandıkları kaynaklardan daha yüksek düzeyde sürdürülebilir katma değer üretebildiğini göstermektedir.

Yıllar itibarıyla yapılan değerlendirmede ise sürdürülebilir katma değer performansının dönemler arasında değişkenlik gösterdiği dikkat çekmektedir. Özellikle 2017 yılında işletmelerin genel olarak sınırlı bir performans sergilediği, pozitif SKD değerine sahip işletmelerin sayısının düşük olduğu ve negatif değerlerin yaygın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bazı işletmelerin ilgili dönemde kaynaklarını ortalamanın üzerinde verimli kullanarak öne çıktığı anlaşılmaktadır.

2018 yılında, genel SKD toplamında kısmi bir iyileşme göze çarpmaktadır. Pozitif performans gösteren işletme sayısı artmış ve bazı işletmelerde yüksek getiri maliyet oranı değerleriyle birlikte verimlilik artışı dikkat çekmiştir. Bu dönem, sürdürülebilirlik çabalarının yayılmaya başladığı ve verimlilik odaklı uygulamaların işletme performansına olumlu yansıdığı bir yıl olmuştur.

2019 yılı, işletme sayısı açısından benzer bir görünüm sunsa da, toplam SKD değerinde önceki yıla göre durağanlık gözlemlenmiştir. Negatif SKD'ye sahip işletmelerin oranı yine yüksek seviyededir. Bu durum, verimli kaynak kullanımı konusunda işletmeler arasında belirgin farklılıkların devam ettiğini göstermektedir.

2020 yılı, birçok işletme için pandemi kaynaklı ekonomik yavaşlamaya rağmen bazı sektörlerin güçlü performanslar sergilediği bir dönemdir. Bazı işletmeler olumlu SKD değerleriyle öne çıkarken, bir kısmı ciddi negatif değerler üretmiştir. Bu yıl işletmeler arasındaki performans farklılıklarının daha belirgin hâle geldiği görülmektedir.

2021 yılı itibarıyla, genel eğilim toparlanma yönünde olmuştur. Pozitif SKD üreten işletme sayısında artış görülmekte ve GMO oranlarında yukarı yönlü hareketler dikkat çekmektedir. Bu durum, işletmelerin sürdürülebilirlik stratejilerini daha bilinçli bir biçimde uygulamaya başladıklarına işaret etmektedir.

2022 yılı, incelenen dönemler içinde en yüksek toplam SKD değerine ulaşılmıştır. Birçok işletme yüksek pozitif SKD ve güçlü GMO oranlarıyla kaynaklarını son derece verimli kullanmıştır. Bu yıl, işletmelerin sürdürülebilirlik alanında stratejik dönüşüm geçirdiği ve bunun olumlu finansal çıktılar ürettiği bir dönem olarak öne çıkmaktadır.

2023 yılı ise bir önceki yıla kıyasla SKD açısından gerileme yaşanan bir yıl olmuştur. Özellikle bazı büyük işletmelerin çok yüksek negatif SKD üretmesi toplam değeri baskılamıştır. Ortalama GMO oranı pozitif kalmakla birlikte, bu durum SKD dağılımındaki dengesizliğin devam ettiğini göstermektedir. Kaynak verimliliği açısından işletmeler arası performans farkı bu yılda da belirgin olmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, işletmelerin sürdürülebilir katma değer ve getiri/maliyet oranları bakımından önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Aynı yıl içerisinde bazı işletmeler yüksek pozitif SKD ve getiri/maliyet oranlarına ulaşırken, bazılarının negatif değerler üretmesi, sürdürülebilir katma değer oluşturma kapasitesinin işletmeden işletmeye değişebildiğini göstermektedir. Bu farklılıkların; işletmelerin faaliyet gösterdikleri sektörlerin

özellikleri, faaliyet ölçekleri, kaynak kullanım etkinlikleri, maliyet yapıları ve sürdürülebilirlik uygulamalarını işletme süreçlerine entegre etme düzeylerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca yatırım kararları, ekonomik koşullar ve işletmeye özgü stratejik tercihlerin de SKD performansı üzerinde etkili olabileceği söylenebilir. Dolayısıyla sürdürülebilir katma değer yalnızca finansal performansı değil, işletmelerin ekonomik, çevresel ve sosyal kaynaklarını bütüncül bir yaklaşımla ne derece etkin yönettiklerini ortaya koyan dinamik bir performans göstergesi niteliği taşımaktadır.

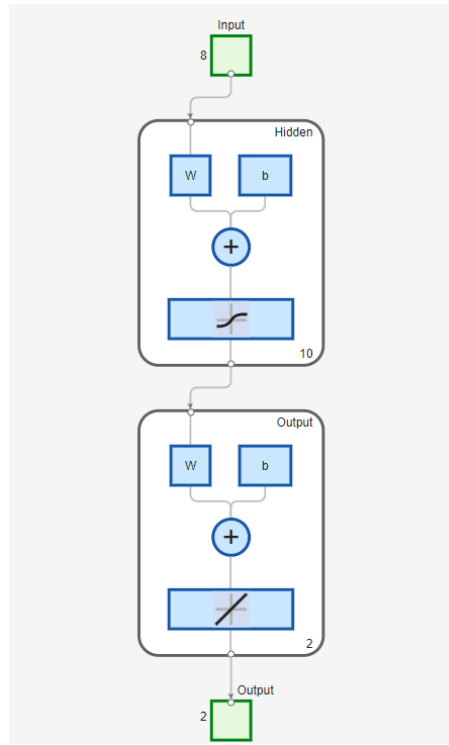
4.2. YSA Modelinin Uygulanmasına İlişkin Bulgular

Bu çalışmada kullanılan YSA modeli, literatürde yaygın olarak tercih edilen ileri beslemeli ve geri yayımlı yapıdır. Bu modelin seçilmesinde hem doğrusal hem de doğrusal olmayan veri yapılarında yüksek tahmin başarısı sunması ve algoritmik uygulanabilirliğinin pratik olması belirleyici olmuştur. Ayrıca bu ağ tipi, öğrenme sürecinde hata geribildirim yoluyla ağırlıkları güncelleme yeteneği sayesinde, modelin genel performansını artırma konusunda etkili bir yapıya sahiptir.

Tasarlanan modelde 8 adet bağımsız değişken, 2 adet bağımlı değişken kullanılmıştır. Kurumsal yapı bileşenleri analizde bağımsız değişkenleri oluşturmaktadır. Bunlar sırasıyla; yönetim kurulu üye sayısı, kadın yönetim kurulu üyesi sayısı, yönetim kurulundaki bağımsız üye oranı, işletmenin faaliyet süresi, kârlılık (aktif kârlılık), işletme büyüklüğü, likidite oranı, finansal kaldıraç oranıdır. Bağımlı değişkenler ise SKD'yi oluşturan sürdürülebilir değer ve getiri/maliyet oranıdır.

Verilerin eğitim sürecine uygun hale getirilmesi, ağıın öğrenme performansını artırmak, eğitim algoritmalarının işleyişini desteklemek ve olası hesaplama zorluklarını en aza indirmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, verilerin belirli bir ölçeğe indirgenerek tekdüze bir yapıya kavuşturulması amacıyla ön işleme sürecinden geçirilmesi önerilmektedir (Torun, 2007: 94). Bu nedenle veriler normalize edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler, $[-1, 1]$ aralığına indirgenecek şekilde normalize edilmiştir. Bunun için Min-Max normalizasyon yönteminin iki kat ölçekli hali uygulanmıştır. Normalize edilen her bir veri noktası $X_{norm} = 2 \times ((X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})) - 1$ formülü ile elde edilmiştir (Han vd., 2012). Bu yöntem, özellikle YSA'sa hem eğitim sürecini kolaylaştırmak hem de ağıın doğrusal olmayan örüntüleri daha sağlıklı öğrenebilmesini sağlamak amacıyla tercih edilmiştir.

Matlab R2024b yazılımında bulunan YSA araç kutusu yardımıyla oluşturulan ağ modeli Şekil 4.1'te gösterilmektedir.



Şekil 4.1. YSA Modelinin Ağ Yapısını Gösteren Ekran Görüntüsü

Bu çalışmada kullanılan YSA modeli, 8 giriş değişkeninden oluşan bir giriş katmanına (input), 10 nöronlu tek gizli katmana (hidden) ve 2 nöronlu bir çıkış katmanına (output) sahip ileri beslemeli bir ağ yapısıdır. Her katmanda, ağırlık (w) ve sapma (b) parametreleriyle birlikte doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları kullanılarak ağın karmaşık ilişkileri öğrenmesi sağlanmıştır. Model, regresyon analizi amacıyla yapılandırıldığından çıkış katmanında lineer aktivasyon tercih edilmiştir. YSA'nın eğitimi için literatürde sıklıkla tercih edilen Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Eğitim sürecinde, veri setinin %70'i modelin öğrenme aşamasında kullanılmış, %15'i model mimarisinin doğrulanması amacıyla doğrulama verisi olarak ayrılmıştır. Kalan %15'lik bölüm ise, oluşturulan modelin genelleme yeteneğini değerlendirmek üzere test verisi olarak kullanılmıştır. Tüm veri alt kümeleri MATLAB ortamında rastgele seçilerek atanmıştır ve böylece modelin nesnel biçimde eğitilmesi ve değerlendirilmesi sağlanmıştır. YSA modeli 30 kez çalıştırılmış ve bu denemeler sonucunda elde edilen en iyi performansa sahip model analiz edilmiştir. En uygun mimariye sahip ağın parametreleri Tablo 4.4'te özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Analiz Bilgileri Tablosu

Analiz Bilgileri	
Analiz için Kullanılan Program	Neural Network Fitting (MATLAB)
Ağ Tipi	Multilayer Feedforward Neural Network (Backpropagation)
Girdi Katmanındaki Nöron Sayısı	8
Gizli Katman Sayısı	1
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	10
Çıktı Katmandaki Nöron Sayısı	2
Eğitim Fonksiyonu	Levenberg-Marquardt (trainlm)
Transfer Fonksiyonu	TANSIG – PURELIN

Performans Fonksiyonu	MSE (Mean Squared Error)
Epoch	1000 İterasyon
Sisteme Giriş Verileri	8 Girdi Değişkeni (%70 Eğitim / %15 Doğrulama / %15 Test)
Sistemden Çıkış Verileri	2 Hedef Değişken

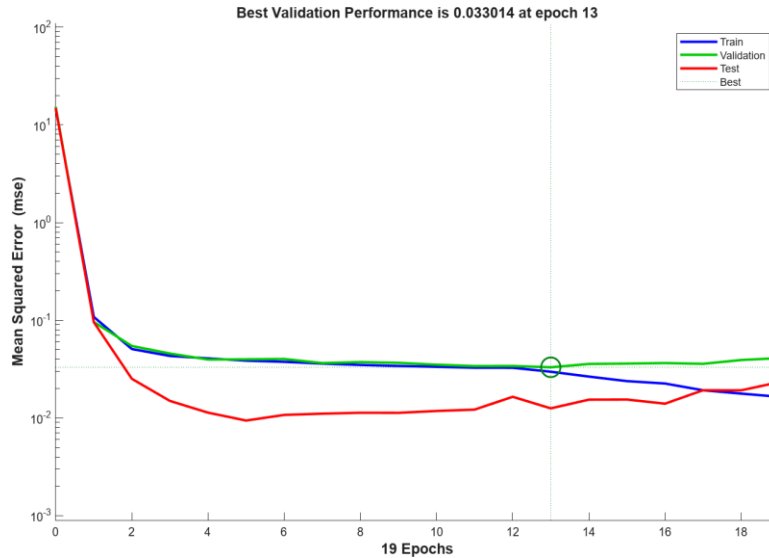
Bu çalışmada geliştirilen en iyi performansa sahip YSA'ya ait performans değerlerine ilişkin bilgiler (Regresyon (R) ve MSE Değerleri) Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Yapay Sinir Ağı Modelinin Regresyon (R) ve MSE Değerleri

	Observation	MSE	R
Trainig	152	0,0297	0,9819
Validation	33	0,0330	0,9823
Test	33	0,0125	0,9933

Modelin başarı düzeyi Hata değeri (MSE) ve Regresyon Katsayısı (R) değerleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre eğitim setine ait MSE değeri 0,0297 ve R değeri 0,9819 olarak hesaplanmıştır. Doğrulama setinde MSE değeri 0,0330 ve R değeri 0,9823; test setinde ise MSE değeri 0,0125 ve R değeri 0,9933 olarak gerçekleşmiştir. Bu bulgular, modelin yüksek bir genel doğruluk ve tahmin kapasitesi sunduğunu göstermektedir.

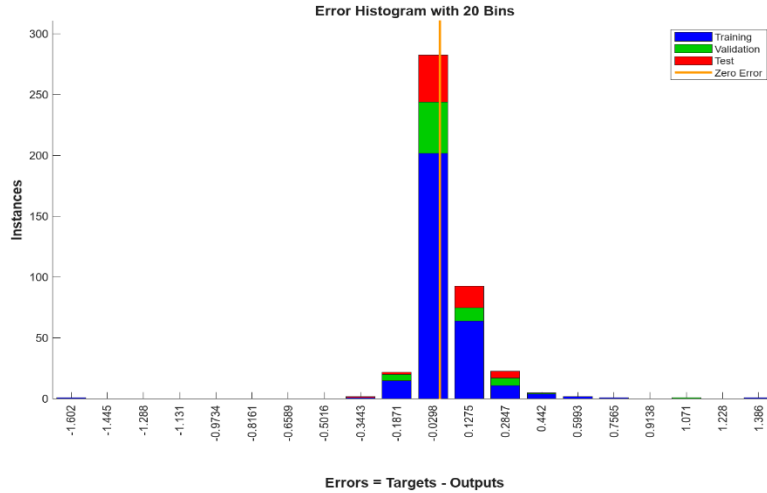
Ağ eğitiminin doğrulama başarımına (validation performance) ilişkin eğri Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu çalışmada 19 epoch (adım, tekrar) sonrasında en iyi değer 13. İterasyonda gerçekleşmiş olup MSE 0,033014 seviyesindedir. Eğitim, doğrulama ve test kümelerine ait hata eğrileri incelendiğinde, test verilerinde düşük hata oranlarının devam ettiği, doğrulama performansında ise aşırı öğrenme (overfitting) riskinin önüne geçildiği görülmektedir. Bu durum, modelin yalnızca eğitim verisini değil, daha önce görmediği verileri de başarılı şekilde genellebildiğini göstermektedir.



Şekil 4.2. Doğrulama Performansı

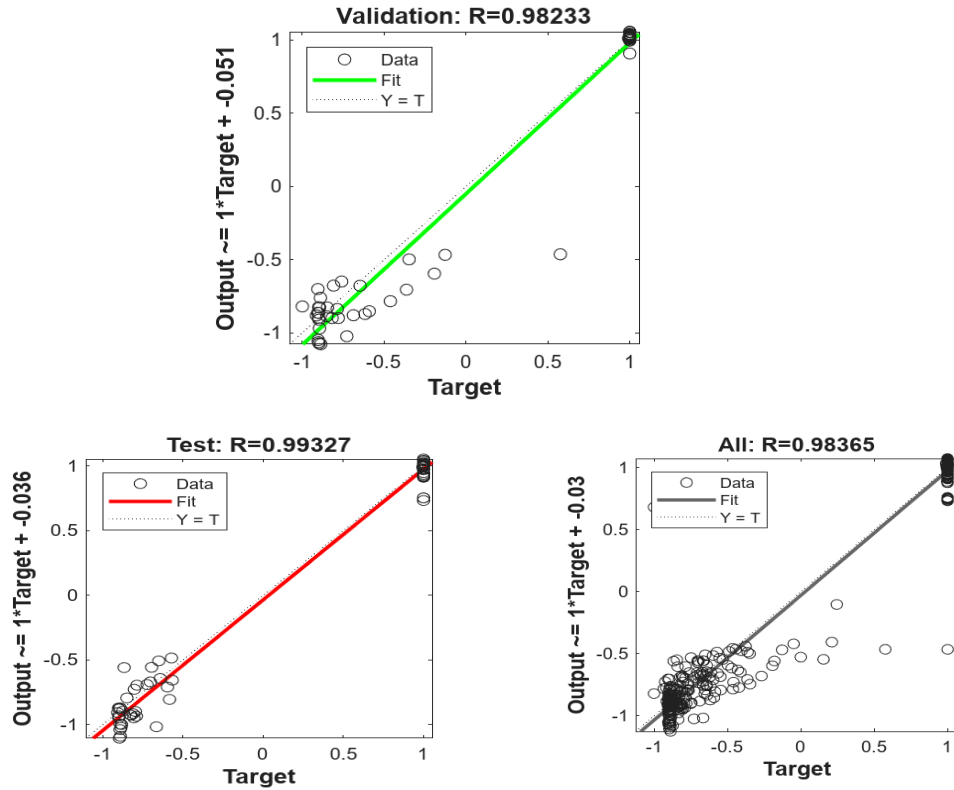
Ağ performansı Şekil 4.3'te hata histogramında görülmektedir. Modelin hata histogramı, tahmin edilen çıktılar ile gerçek çıktılar arasındaki farkların büyük oranda sıfıra yakın olduğunu göstermektedir. Hataların çoğunluğu -0.03 ile +0.12 aralığında yoğunlaşmış olup, sıfır hata etrafında simetrik bir dağılım sergilemiştir. Bu durum, modelin eğitim, doğrulama ve test verileri üzerinde genel olarak dengeli ve başarılı bir performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Histogramdaki mavi (eğitim), yeşil (doğrulama) ve kırmızı (test) çubukların benzer dağılım göstermesi ise modelin genellenebilirliğinin yüksek olduğunu ve aşırı öğrenmeden kaçınıldığını desteklemektedir.



Şekil 4.3. Hata Histogramı

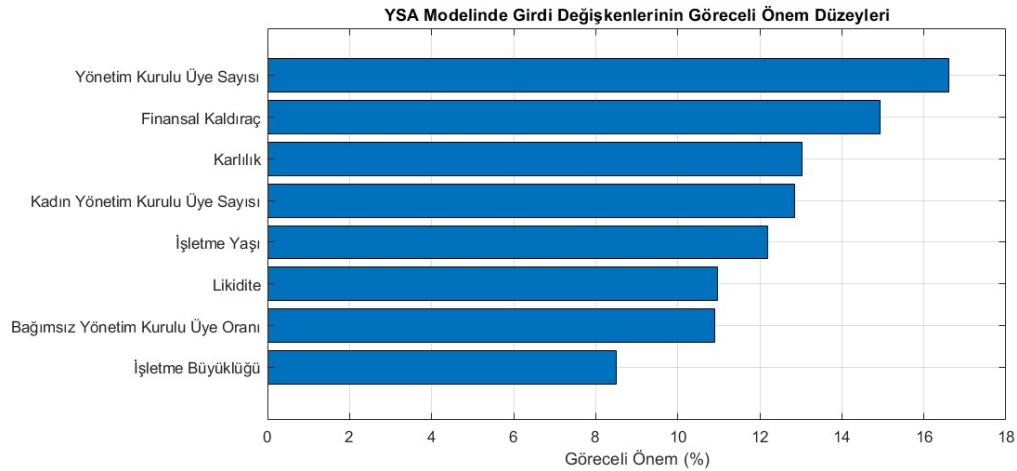
Aşağıdaki Şekil 4.4'te regresyon grafikleri eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hedeflere göre ağ çıktılarını gösterir. Mükemmel bir uyum için verilerin, ağ çıktılarının hedeflere eşit olduğu 45 derecelik bir çizgi boyunca düşmesi gerekir. Bu modelde, en iyi uyum test setindedir ve toplam yanıt için R değeri 0,98365 dir. R değeri 0-1 aralığında değişiklik göstermekle beraber 1'e yakın olması da başarı göstergesidir.



Şekil 4.4. YSA Modelinde Eğitim, Doğrulama ve Test Verileri İçin Regresyon Grafikleri

Elde edilen bulgular, oluşturulan YSA modelinin veri setine dayalı olarak gerçekleştirilen regresyon analizinde güvenilir ve tatmin edici sonuçlar ortaya koyduğunu göstermektedir. Bu çerçevede, modele dâhil edilen sekiz değişkenin SKD'nin tahmin edilmesinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. SKD'nin ölçülebilir olduğu kadar ölçülemeyen pek çok faktörden etkilendiği düşünüldüğünde, bu modelin ortaya koyduğu sonuçlar, işletmeler açısından stratejik düzeyde değer taşıyan öngörüler sunmaktadır.

YSA modelinin yorumlanabilirliğini artırmak amacıyla eğitilmiş yapay sinir ağı modelinin bağlantı ağırlıkları kullanılarak girdi değişkenlerinin göreceli önem düzeyleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.5. YSA Modelinde Girdi Değişkenlerinin Göreceli Önem Düzeyleri

Şekil 4.5'te YSA modelinde kullanılan girdi değişkenlerinin göreceli önem düzeyleri sunulmaktadır. Bulgular incelendiğinde, model tahminine en yüksek katkısı Yönetim Kurulu Üye Sayısının (%16,62) sağladığı görülmektedir. Bu değişkeni sırasıyla Finansal Kaldıraç (%14,93), Karlılık (%13,03) ve Kadın Yönetim Kurulu Üye Sayısı (%12,85) izlemektedir. Buna karşılık, İşletme Büyüklüğü (%8,51) model üzerinde göreceli olarak en düşük öneme sahip değişken olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, YSA modelinin sürdürülebilir katma değer tahmininde hem kurumsal yönetim göstergelerinden hem de finansal göstergelerden yararlandığını ve bu değişkenlerin modelin tahmin performansına farklı düzeylerde katkı sağladığını göstermektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sürdürülebilir Katma Değer, işletmelerin yalnızca finansal performansını değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal sorumluluklarını da dikkate alarak kaynaklarını ne derece verimli kullandıklarını ortaya koyan bütüncül bir ölçüttür. Bu bağlamda, bir işletmenin kurumsal yapısının, yönetim anlayışının ve karar alma mekanizmalarının, SKD üzerinde doğrudan etkili olduğu düşünülmektedir. Güçlü bir kurumsal yapıya sahip olan işletmeler, stratejik kararlarını uzun vadeli sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda şekillendirmekte ve bu sayede ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarda daha yüksek düzeyde katma değer üretebilmektedir. Kurumsal yapıdaki etkinlik, kaynak tahsisini daha verimli hale getirerek çevresel etkiyi azaltmakta, çalışan verimliliğini artırmakta ve toplumsal faydayı maksimize etmektedir.

Dolayısıyla, sürdürülebilir katma değer kurumsal yapıyla olan ilişkisi, işletmenin rekabet avantajını sürdürülebilir kılması açısından stratejik bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada SKD, işletmelerin hem ekonomik hem de sosyal ve çevresel boyutlarda değer yaratma kapasitelerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. İşletmelerdeki kurumsal yapının temel bileşenleri olarak kabul edilen yönetsel ve finansal faktörlerin, işletmelerin SKD yaratma becerisi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. İşletmelerin SKD üretme kapasitesi, büyük ölçüde kurumsal yapılarındaki dinamiklerle şekillenmektedir. Bu bağlamda, yönetim kurulu üye sayısı, bağımsız üye sayısı ve kadın üye sayısı gibi yönetim odaklı göstergeler, karar alma süreçlerinin etkinliğini ve çeşitliliğini artırarak işletmenin uzun vadeli değer yaratma potansiyelini güçlendirmektedir. Aynı şekilde, işletme yaşı, kurumsal deneyimi ve stratejik birikimi temsil ederken, finansal göstergeler olan büyüklüğü, kârlılığı, likidite oranları ve kaldıraç oranları da işletmenin ekonomik sürdürülebilirliğini ve kaynak kullanım verimliliğini etkilemektedir. Yeterli likiditeye ve güçlü kârlılığa sahip işletmeler, çevresel ve sosyal yatırımlara daha fazla kaynak ayırabilmekte; düşük kaldıraç seviyesi ise sürdürülebilir yatırımların finansmanında esneklik sağlamaktadır. Bu unsurlar bir arada değerlendirildiğinde, kurumsal yapı bileşenlerinin hem finansal hem de sosyal-ekonomik açıdan SKD performansını belirlemede önemli bir rol üstlendiği söylenebilir. Bu çok boyutlu değişken seti aracılığıyla, işletmenin kurumsal yapısının sürdürülebilir katma değer üzerindeki etkisi YSA ile tahmin edilmiştir. Bu doğrultuda BİST Sürdürülebilirlik Endeksinde yer alan 31 işletmenin 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarına ait verileri kullanılmıştır. Öncelikle her bir işletme için analizin bağımsız değişkeni olan SKD hesaplanmıştır. SKD hesaplamalarında referans ölçüt olarak Türkiye ekonomisi esas alınmış, böylece firmaların kaynak kullanım etkinlikleri ulusal düzeydeki ortalama performansla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

SKD'ye ilişkin analiz bulguları işletme bazında değerlendirildiğinde 2017-2020 arasında işletmelerin çoğu sürdürülebilir kaynaklarını verimsiz kullanmış; bu dönem negatif SKD ağırlıklı geçmiştir. 2021 ve 2022 yıllarında iyileşme gözlenmiş ve toplam SKD pozitif değerlere ulaşmıştır. Ancak 2023'te yeniden kayıplar artmıştır. 2017 ve 2018 yılında pozitif SKD üreten işletme sayısı 10'dur. 2019 yılında bu sayı 13'e yükselirken 2020 yılında 15 olmuştur. 2021 yılında 17, 2022 yılında 19 iken 2023 yılında işletme sayısı 11'e düşmüştür. Toplam SKD değerleri incelendiğinde, 2022 yılı birçok firma için rekor düzeyde pozitif SKD katkısının sağlandığı bir dönem olmuştur. Bu durum, özellikle kurumsal yapıda yapılan iyileştirmeler, enerji verimliliği yatırımları ve karbon salınımının daha etkin yönetilmesiyle ilişkilendirilebilir. Öte yandan, 2018 ve 2020 gibi bazı yıllarda genel SKD performansının düşüklüğü dikkat çekmektedir. Bu dönemlerdeki düşük SKD seviyeleri, ekonomik belirsizlikler, enerji maliyetlerindeki artış veya pandemi gibi olağanüstü koşullarla açıklanabilir.

Yıllar itibarıyla SKD performansları incelendiğinde, hem firma bazında hem de dönemsel olarak önemli dalgalanmalar yaşandığı gözlemlenmektedir. Bazı firmalar belirli yıllarda yüksek SKD değerleriyle öne çıkarken, aynı firmaların farklı yıllarda negatif SKD üretmiş olmaları, sürdürülebilirlik uygulamalarının sürekliliği ve istikrarı açısından dikkat çekici bir tablo ortaya koymaktadır. Genel olarak SKD değerlerinin incelenmesi, firmaların çevresel ve sosyal kaynak kullanımında etkinlik düzeylerini değerlendirmek açısından güçlü bir araç sunmaktadır. Bununla birlikte, uzun

vadeli sürdürülebilirlik başarısının, sadece tek yıllık sonuçlara değil, çok yıllık istikrarlı kurumsal uygulamalara ve stratejik yönetime bağlı olduğu söylenebilir.

Literatürde SKD yaklaşımı, işletmelerin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel sorumluluklarını da ölçen bütüncül bir performans göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Aracı ve Yüksel (2016), işletmelerin sosyal ve çevresel etkilerini şeffaf biçimde raporlamalarının önemini vurgularken, sürdürülebilirlik performansının ölçümünde fırsat maliyeti temelli SKD yöntemine dikkat çekmiştir. Türk (2023) ise BİST Sürdürülebilirlik Endeksi'nde yer alan çimento firmalarının pandemi dönemi performanslarını SKD yöntemiyle inceleyerek, dönemsel dalgalanmaların sürdürülebilirlik üzerindeki etkisine işaret etmiştir. Benzer şekilde Özevin (2021) su, enerji ve CO₂ gibi çevresel kaynakların kullanımı üzerinden hesapladığı SKD değerleriyle, firmaların sürdürülebilir kalkınmaya katkı düzeylerini somut biçimde ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, bu çalışma kapsamında analiz edilen SKD sonuçlarının yalnızca finansal değil, aynı zamanda çevresel ve yönetsel yapılarla da ilişkili olduğunu ve SKD yaklaşımının sürdürülebilirlik odaklı kurumsal değerlendirmeler için etkin bir araç olabileceğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında, SKD oluşumuna etki eden yönetsel ve finansal yapı göstergeleri arasındaki ilişkilerin tahmini amacıyla YSA kullanılmıştır. Çalışmada oluşturulan YSA modeli, 8 girdi değişkeninden oluşan bir girdi katmanına, 10 nöronlu tek gizli katmana ve 2 nöronlu bir çıktı değişkenine sahip ileri beslemeli bir ağ yapısıdır. Modelin girdisini bağımsız değişkenler (yönetim kurulu üye sayısı, kadın yönetim kurulu üyesi sayısı, yönetim kurulundaki bağımsız üye oranı, işletmenin faaliyet süresi, kârlılık (aktif kârlılık), işletme büyüklüğü, likidite oranı, finansal kaldıraç oranı), modelin çıktısını ise bağımlı değişkenler (sürdürülebilir değer ve getiri/maliyet oranı) oluşturmaktadır. Modelin eğitimi öncesinde veriler normalize edilmiş ve %70 eğitim, %15 doğrulama ve %15 test olarak ayrılmıştır. Levenberg-Marquardt algoritmasıyla eğitilen ağ, hata oranları ve regresyon katsayısı açısından tatmin edici performans göstermiştir. Bu bulgular işletmelerin kurumsal yapı özelliklerinin SKD ile güçlü ve anlamlı bir ilişki içinde olduğunu ve bu değişkenlerin SKD'yi başarılı bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, Rifa ve Muslih'in (2018) Endonezya şirketleri üzerine yaptığı çalışmayla paralellik göstermektedir. Söz konusu çalışmada, şirket büyüklüğü, likidite ve kaldıraç gibi değişkenler, GRI G4 göstergelerine dayalı sürdürülebilirlik düzeyini tahmin etmede YSA modeliyle analiz edilmiş; bu değişkenlerin yüksek katkı oranına sahip olduğu ortaya konmuştur. YSA modelleri, bu tür stratejik sürdürülebilirlik değişkenlerini entegre ederek, finansal performans tahmininde en yüksek doğruluğu sağlamıştır. Bu bulgular, kurumsal sürdürülebilirlik uygulamalarının finansal başarıya etkisini öngörmede YSA'nın etkin bir araç olduğunu göstermesi açısından bu araştırmayı desteklemektedir.

Araştırmanın bulguları, kurumsal yapının bazı bileşenlerinin sürdürülebilir katma değer üzerinde belirgin etkiler oluşturabildiğini göstermektedir. Bu ilişkinin YSA gibi ileri düzey modelleme teknikleriyle analiz edilmesi, mevcut literatürde nadiren ele alınmış bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu bağlamda, araştırma yöntemi ve konusu açısından literatüre özgün bir katkı sunmaktadır.

Araştırmanın bazı kısıtları da mevcuttur. Çalışma sadece Borsa İstanbul'da işlem gören, verilerine erişim sağlanabilen işletmelerle sınırlandırılmıştır. Bu durum, bulguların genellenebilirliğini sınırlayan bir unsur olarak

değerlendirilebilir. Yönetimsel göstergeler işletmenin kurumsal yapısını tam olarak yansıtmakta sınırlı kalabilir. SKD hesaplamasında sosyal ve çevresel boyutlar sınırlı ölçüde temsil edilmiştir.

İşletmeler, yönetim kurulu yapısı gibi kurumsal özelliklerini sadece yönetim açısından değil, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma açısından da değerlendirmelidir. Bu kapsamda, çalışma sonucunda geliştirilen yapay sinir ağı modelinin işletmeler tarafından sürdürülebilir katma değer gelecekteki düzeyinin tahmin edilmesine yönelik bir karar destek aracı olarak kullanılması önerilmektedir. Modelin özellikle risk yönetimi, sürdürülebilirlik yönetimi ve stratejik planlama süreçlerine entegre edilmesi, sürdürülebilir performansta meydana gelebilecek olası değişimlerin önceden öngörülmesine ve gerekli iyileştirici önlemlerin zamanında alınmasına katkı sağlayabilir. Böylece işletmeler, ekonomik, çevresel ve sosyal performans göstergelerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendirerek kaynak kullanım etkinliğini artırmaya yönelik daha isabetli kararlar alabileceklerdir. Bunun yanı sıra, gelecekte yapılacak çalışmalarda benzer modellerin farklı sektörlerde test edilmesi, farklı kurumsal ve finansal değişkenlerle zenginleştirilmesi ve sürdürülebilirlik raporlarından elde edilen ek göstergelerin modele dâhil edilmesi, sürdürülebilir katma değer tahmin başarısının artırılmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca, yapay sinir ağı modelinin tahmin performansının Derin Öğrenme (Deep Learning) mimarileri ve diğer gelişmiş makine öğrenmesi algoritmaları ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, sürdürülebilir katma değer tahminine yönelik literatüre metodolojik açıdan katkı sağlayabilir. Bu doğrultuda çalışma, hem uygulayıcılara hem de gelecekte yapılacak araştırmalara önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Aamodt, S. ve Wang, S. (2009). *Welcome to your brain: Why you lose your car keys but never forget how to drive and other puzzles of everyday behavior*. Bloomsbury Publishing USA.
- Adıyaman, F. (2007). Talep tahmininde yapay sinir ağlarının kullanılması. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aktin, T. ve Gergin, Z. (2016). Mathematical modelling of sustainable procurement strategies: Three case studies. *Journal of Cleaner Production*, 113, 767-780.
- Aracı, H. ve Yüksel, F. (2016). Sürdürülebilirlik performansının ölçülmesi: BİST sürdürülebilirlik endeksindeki işletmelerin sürdürülebilir katma değerinin hesaplanması. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(12), 786-801.
- Ararat, M. ve Yurtoğlu, B. B. (2021). Female directors, board committees, and firm performance: Time-series evidence from Turkey. *Emerging Markets Review*, 48, 100768.
- Borsa İstanbul. (2017). BIST Sürdürülebilirlik Endeksi Temel Kuralları. İstanbul: BIST Yayınları.
- Carroll, A. B. ve Shabana, K. M. (2010). The business case for corporate social responsibility: A review of concepts, research and practice. *International Journal of Management Reviews*, 12(1), 85-105.
- Clark, G. L., Feiner, A. ve Viehs, M. (2015). *From the stockholder to the stakeholder: How sustainability can drive financial outperformance*. Oxford: Oxford University.
- Bloom, F. (2008). *Principles of Neuroscience*. Elsevier.
- Dernbach, J. C. (2003). Achieving sustainable development: The centrality and multiple facets of integrated decision-making. *Global Legal Studies Journal*, 10(1), 247-284.
- Dinçer, H.H. ve Oğuz, E. (2016). Corporate Governance and Firm Performance: The Case for Turkey. [Lund University, School of Economics and Management, Sweden].
- Eccles, R. G., Ioannou, I. ve Serafeim, G. (2014). The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. *Management Science*, 60(11), 2835-2857.

- Elkington, J. (1997). The triple bottom line. In *Environmental management: Readings and cases*, 2, 49–66.
- Ermış, M. (2005). Lojistik sistemlerin yapay sinir ağları ile modellenmesi, gerçekleşmesi ve kontrolü. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fausett, L. V. (2006). *Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms and applications*. Pearson Education India.
- Figge, F. ve Hahn, T. (2004). Sustainable value added-measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency. *Ecological Economics*, 48(2), 173-187.
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston: Pitman.
- Freeman, R. E., Harrison, J. S. ve Wicks, A. C. (2007). *Managing for stakeholders: Survival, reputation, and success*. New Haven: Yale University Press.
- Friede, G., Busch, T. ve Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210-233.
- Global Reporting Initiative (GRI). (2025). *GRI Sustainability Reporting Standards*. Amsterdam: Global Reporting Initiative.
- Gutterman, A. S. (2020). *Sustainability and corporate governance: A guide to law and practice*. Routledge.
- Güngör, N. ve Dinçel, C. (2018). Does corporate sustainability practices have an impact on financial performance: A study based on BIST manufacturing firms. *PressAcademia Procedia*, 8(1), 9-13.
- Györfi, L., Kohler, M., Krzyżak, A. ve Walk, H. (2002). *A distribution-free theory of nonparametric regression*. Springer
- Han, J., Kamber, M. ve Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques*. Waltham: Morgan Kaufmann Publishers.
- Hart, S. L. ve Milstein, M. B. (2003). Creating sustainable value. *Academy of Management Executive*, 17(2), 56-67.
- Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice Hall.
- Hřebíček, J., Soukopová, J. ve Trenz, O. (2014). Current trends of economic modelling of sustainable corporate performance and reporting–review and research agenda. *Procedia Economics and Finance*, 12, 234-242.
- International Integrated Reporting Council (IIRC). (2013). *The International <IR> Framework*. London: IIRC.
- İyicil, A. G. (2021). BİST şirketlerinin dijital kurumsal sosyal sorumluluk çalışmalarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 70-81.
- John, C. H. S., Balakrishnan, N. ve Fiet, J. O. (2000). Modeling the relationship between corporate strategy and wealth creation using neural networks. *Computers & Operations Research*, 27(11-12), 1077-1092.
- Kamruzzaman, J., Begg, R. ve Sarker, R. (2006). Overview of artificial neural networks and their applications in healthcare. In *Neural networks in healthcare: Potential and challenges*. IGI Global Scientific Publishing.
- Kaplan, R. S. ve Norton, D. P. (2001). *The strategy-focused organization: How balanced scorecard companies thrive in the new business environment*. Boston: Harvard Business Press.
- Kotsantonis, S., Pinney, C. ve Serafeim, G. (2016). ESG integration in investment management: Myths and realities. *Journal of Applied Corporate Finance*, 28(2), 10-16.
- KOSGEB. (2021). *Girişimci Destek Programı Uygulama Esasları*. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı.
- Kriesel, D. (2007). *A brief introduction to neural networks*. University of Bonn.
- Miljenović, D. (2018). Testing sustainable value added as an integrative measure of business sustainability. *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci: časopis za ekonomsku teoriju i praksu*, 36(1), 153-179.
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. New York: McGraw-hill.
- Özevin, O. (2021). Measuring sustainable value added in the scope of environmental performance: An application on BIST sustainability index companies. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 23(4), 711-732.
- Öztemel, E. (2006). *Yapay sinir ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Porter, M. E. ve Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1/2), 62–77.

- Rasche, A., Morsing, M. ve Kourula, A. (Eds.). (2023). *Corporate sustainability: Managing responsible business in a globalised World*. (2nd ed.) Cambridge University Press.
- Rifa, R. N. ve Muslih, M. (2018). Prediction sustainability company using artificial neural network. *Research In Management and Accounting (RIMA)*, 1(2), 73-84.
- Rojas, R. (1996). *Neural Networks: A Systematic Introduction*. Springer.
- Sarı, A. D. (2015). Sürdürülebilir katma değer yaklaşımı ile sürdürülebilirlik ölçümü. *Uluslararası Akademik Yönetim Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-51.
- Schoenmaker, D. ve Schramade, W. (2019). Investing for long-term value creation. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 9(4), 356-377.
- Selimoğlu, S. K. (2021). Türkiye’de kurumsal yönetim ve sürdürülebilirlik. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 113-136.
- Sullivan, R., ve Mackenzie, C. (2017). *Responsible investment: Guide to ESG data providers and relevant trends*. London: Routledge.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). Sıfır Atık uygulamaları ve 2023 hedefleri raporu. Ankara: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yayınları.
- Tuan, K. ve Aslan, L. (2022). Kurumsal yönetim uygulamaları ile bağımsız denetçi seçimi arasındaki ilişkinin incelenmesi: Borsa İstanbul’da bir araştırma. *Journal of Social Research & Behavioral Sciences*, 8(16), 159-186.
- Turluev, R. ve Hadjieva, L. (2021). Neural networks in corporate governance systems. *In SHS Web of Conferences*, 93(03016). EDP Sciences.
- TÜBİTAK. (2022). Yeşil dönüşüm ve sürdürülebilir kalkınma odaklı Ar-Ge ve yenilik stratejileri. Ankara: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu.
- Türk, M. (2023). Covid 19 pandemisi sürecinde işletmelerin sürdürülebilirlik performansı: BİST Sürdürülebilirlik Endeksindeki çimento üretim işletmelerinin sürdürülebilir katma değer analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15(1), 659-670.
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.
- Yang, M. (2024). A study on the impact of corporate financial accounting management system on corporate innovation under sustainable development strategy. *Journal of Information & Knowledge Management*, 23(01), 1-17.
- Yılmaz, C. ve Büyüklü, A. H. (2016). Impacts of corporate governance on firm performance: Turkey case with a panel data analysis. *Eurasian Journal of Economics and Finance*, 4(1), 56-72.

EXTENDED SUMMARY

Introduction and Purpose

In today’s business world, it is becoming increasingly important for businesses not only to generate profit but also to create sustainable value. In this context, corporate variables is considered one of the fundamental elements influencing a firm’s capacity to create sustainable added value. This study examines the impact of managerial and financial factors on sustainable added value. The aim of the study is to determine the predictive power of these variables and to model their relationship using an Artificial Neural Network (ANN) model. Unlike traditional methods, which are limited to linear relationships, the ANN model provides a significant advantage by analysing complex and nonlinear relationships.

The role of a company’s corporate variable, including both managerial and financial components, in creating sustainable added value has become increasingly important. However, studies comprehensively examining the effects of these factors on sustainable added value remain limited. In particular, research employing artificial intelligence-based approaches to investigate the multifaceted relationship between corporate structure and sustainable value

creation is still scarce, indicating an important research gap. Accordingly, this study contributes to the literature by modelling the effects of managerial characteristics and financial structure indicators on firms' capacity to generate sustainable added value using the ANN model.

Literature

In the literature, the Sustainable Added Value (SAV) approach is considered a holistic indicator that evaluates not only the economic performance of firms but also their social and environmental responsibilities. Aracı and Yüksel (2016) emphasized the importance of the opportunity cost-based SAV method in measuring sustainability performance. Türk (2023) examined the performance of cement companies included in the BIST Sustainability Index during the pandemic period and revealed the effects of this period on sustainability performance. Similarly, Özevin (2021) evaluated firms' contributions to sustainable development using SAV calculated based on water, energy, and CO₂ consumption. These studies indicate that SAV is associated not only with financial performance but also with environmental and governance-related factors. However, studies employing ANN models to predict SAV based on managerial and financial characteristics remain limited. Therefore, this study aims to fill this gap in the literature.

Methodology

The capacity of firms to generate SAV is significantly influenced by the dynamics of their corporate structure. In this context, managerial indicators, including board size, the number of independent board members, the number of female board members, and firm age, were considered as elements of corporate structure. The financial structure was represented by firm size, profitability, liquidity, and the leverage ratio. The impact of these variables on SAV was estimated using an Artificial Neural Network (ANN) model. The study used data from 31 firms listed in the BIST Sustainability Index for the period 2017-2023. First, the SAV of the companies was calculated, and their resource utilization efficiency was evaluated against the national average using the Turkish economy as the reference benchmark.

After calculating and interpreting the SAV of the firms, the ANN model was developed to estimate the relationships between managerial and financial indicators affecting SAV. The proposed ANN model is a feedforward network consisting of an input layer with eight input variables, a single hidden layer with ten neurons, and an output layer with two neurons. The input variables include board size, the number of female board members, the percentage of independent board members, firm age, profitability (return on assets), firm size, liquidity ratio, and financial leverage ratio, while the output variables are SAV and the return/cost ratio. Before training, the data were normalized and divided into training (70%), validation (15%), and testing (15%) sets. The ANN model was trained using the Levenberg-Marquardt algorithm and demonstrated satisfactory performance in terms of regression coefficients and error rates.

Findings

When the findings regarding SAV are evaluated at the firm level, it is observed that most firms used their sustainable resources inefficiently between 2017 and 2020, and this period was predominantly characterized by negative SAV. An improvement was observed in 2021 and 2022, during which the total sustainable added value reached

positive levels. However, losses increased again in 2023. Overall, 2022 stands out as the year in which many firms achieved their highest positive SAV. This improvement may be associated with changes in firms' resource utilization efficiency as well as with firm-specific and macroeconomic factors affecting sustainable value creation. Conversely, the relatively low SAV observed in 2018 and 2020 may be related to economic uncertainties, rising energy costs, and extraordinary conditions such as the COVID-19 pandemic.

The findings further indicate that managerial and financial characteristics have a significant relationship with SAV. The ANN model successfully predicted SAV and the return/cost ratio, showing satisfactory performance in terms of regression coefficients and error statistics. These results suggest that the proposed ANN model can effectively capture the complex relationships between corporate characteristics and sustainable value creation, thereby contributing to both the methodological and empirical literature.

Conclusion and Recommendations

The findings of this study indicate that managerial and financial characteristics play a significant role in firms' capacity to create sustainable value. Accordingly, firms should evaluate their corporate governance and financial structures not only from a governance perspective but also in terms of their contribution to sustainable value creation.

In this context, the ANN model developed in this study is recommended as a decision-support tool for predicting firms' future SAV. Integrating the ANN model into risk management, sustainability management, and strategic planning processes may facilitate the early identification of potential changes in sustainability performance and support timely managerial decision-making. Consequently, firms may improve resource utilization efficiency by evaluating their economic, environmental, and social performance indicators from an integrated perspective.

Future research may apply the proposed model to different sectors, incorporate additional corporate governance, financial, and sustainability indicators, and compare the predictive performance of the ANN model with deep learning architectures and other advanced machine learning algorithms. Such methodological diversification may contribute to the further development of sustainable added value research.

Overall, the proposed ANN model provides a practical framework for predicting SAV and offers valuable implications for both managerial practice and future research.

EK

Analiz Kapsamındaki İşletmeler

1. AKBNK	17. KORDS
2. AKCNS	18. LOGO
3. AKEN	19. MGROS
4. AKSA	20. OTKAR
5. ALBRK	21. SKBNK
6. AEFES	22. SOKM
7. ARCLK	23. TOASO
8. ASEL	24. TCELL
9. AYGAZ	25. TUPRS
10. BIZIM	26. THYAO
11. CCOLA	27. ISCTR
12. CIMS	28. SISE
13. DOAS	29. VAKBN
14. ENKAI	30. ULKER
15. FROTO	31. YKBNK
16. SAHOL	

Yazar Beyanı | Author's Declaration

Finansal Destek | Financial Support: Bahşende TAŞDEMİR ve Semra AKSOYLU, bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır. | *Bahşende TAŞDEMİR and Semra AKSOYLU who are the authors have not received any financial support for the research, authorship, or publication of this study.*

Yazarların Katkıları | Authors's Contributions: Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır. | *The authors contributed equally to the study.*

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı | The Declaration of Conflict of Interest/Common Interest: Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir. | *No conflict of interest or common interest has been declared by the authors.*

Etik Kurul Onayı Beyanı | The Declaration of Ethics Committee Approval: Çalışmanın herhangi bir etik kurul onayı veya özel bir izne ihtiyacı yoktur. | *The study doesn't need any ethics committee approval or any special permission.*

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi | The Declaration of Research and Publication Ethics: Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi'nin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduğunu ve verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığını, karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi'nin ve editör kurulunun hiçbir sorumluluğunun olmadığını ve bu çalışmanın Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi'nden başka hiçbir akademik yayın ortamında değerlendirilmediğini beyan etmektedir. | *The authors declare that they comply with the scientific, ethical, and quotation rules of Tarsus University Journal of The Faculty of Economics and Administrative Sciences in all processes of the paper and that they do not make any falsification of the data collected. In addition, they declare that Tarsus University Journal of The Faculty of Economics and Administrative Sciences and its editorial board have no responsibility for any ethical violations that may be encountered, and that this study has not been evaluated or published in any academic publication environment other than Tarsus University Journal of The Faculty of Economics and Administrative Sciences.*