



Evaluation of digital transformation competency in the white-goods sector in the context of Industry 4.0 by MACBETH and EDAS methods

Gülşen Akman^{1*}, Zeynep Kökümer²

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kocaeli University, 41380, Kocaeli, Türkiye

²Department of Industrial Engineering, Institute of Science, Kocaeli University, 41380, Kocaeli, Türkiye

Highlights:

- Creating a model for evaluating the Industry 4.0 level of companies
- Using the MACHBETH & EDAS methodology to evaluate the digital transformation competency status
- Evaluation of digital transformation competency status of companies in white goods sector

Keywords:

- Industry 4.0,
- Digital Transformation,
- White goods industry,
- MACHBETH,
- EDAS

Article Info:

Research Article

Received: 12.08.2021

Accepted: 25.09.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.981824

Correspondence:

Author: Gülşen Akman

e-mail:

akmang@kocaeli.edu.tr

phone: +90 262 3033 3325

Graphical/Tabular Abstract

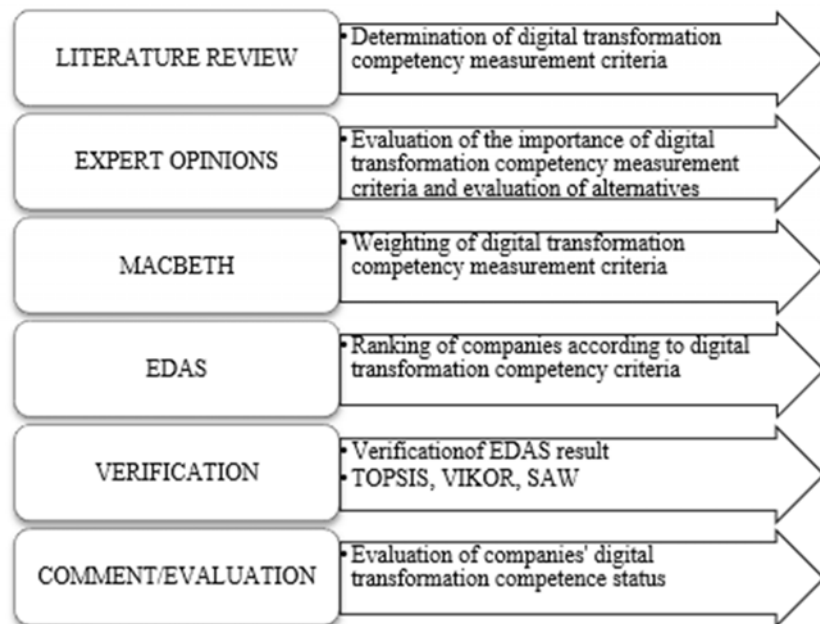


Figure A. Methodology of the study

Purpose: The purpose of this paper is to analyze the digital transformation competencies of businesses in white-goods industry in Türkiye by using a hybrid multi-criteria decision making approach.

Theory and Methods: To evaluate digital transformation competencies, four main criteria and 21 sub criteria determined and a hybrid MCDM approach based on MACHBETH and EDAS methods are used for evaluations. Main criteria are technology usage level, personnel infrastructure, lean manufacturing implementation level, usage level of production management tools. While MACBETH method is used to weights evaluation criteria, EDAS method is used for prioritizing alternatives. Then to verify results of EDAS method, alternatives are evaluated by TOPSIS, VIKOR and SAW techniques which are other MCDM techniques (Figure A).

Results: The weights of 4 main digital transformation competency factor and their 21 sub factors are obtained. While the most important main criteria is technology usage level with weight of 33.33 %, the most important sub criteria is qualified personnel for digital transformation. Then the ranking of 7 companies performing in white goods industry are determined. According to results, Firma2 is found as the best company related with digital transformation competencies.

Conclusion: The main conclusions of the study is that there is some missing points about the elements necessary for digital transformation to companies that decide to start digital transformation. As a result, it has been determined that companies are at the very beginning of digital transformation.



Endüstri 4.0 kapsamında beyaz eşya sektöründe dijital dönüşüm yetkinliğinin MACBETH ve EDAS yöntemleriyle değerlendirilmesi

Gülşen Akman^{1*}, Zeynep Kökümer²

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 41380, Kocaeli, Türkiye

²Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 41380, Kocaeli, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Firmaların Endüstri 4.0 düzeyinin değerlendirilmesi için bir model oluşturulması
- Dijital dönüşüm yetkinlik durumunun değerlendirilmesi için MACHBETH & EDAS metodolojisinin kullanılması
- Beyaz eşya sektöründe firmaların dijital dönüşüm yetkinlik durumlarının değerlendirilmesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 12.08.2021

Kabul: 25.09.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.981824

Anahtar Kelimeler:

Endüstri 4.0,
dijital dönüşüm,
beyaz eşya sektörü,
MACHBETH,
EDAS

ÖZ

Endüstri 4.0, son on yılda şirketler üzerinde çeşitli etkileri olan devrim niteliğinde bir değişim dalgası olmuştur. Yaklaşan değişikliklerin kurumsal olarak benimsenmesi, bu senaryodaki en önemli faktörlerden biridir. Bu kapsamda firmaların bu değişim dalgasına uyum sağlayabilmeleri için Endüstri 4.0 konusunda mevcut durumlarını doğru değerlendirmeleri ve buna göre ihtiyaçlarının ve eksik yönlerinin farkına vararak geliştirmeleri gereken alanları doğru belirleyebilmeleri son derece önemlidir. Türkiye beyaz eşya sektörü üretimde ve ihracatta yüksek katma değer yaratan, dış ticaret dengesine olumlu sağlayan, uluslararası rekabet gücü ve markalarıyla Türkiye ekonomisinin küresel ölçekte önde gelen sektörlerinden biridir. Bu özelliği sebebiyle Endüstri 4.0 ve dijitalleşmenin başarı ile uygulanacağı sektörlerden biridir. Teknolojik gelişmelerden derinden etkilenen beyaz eşya sektöründe faaliyette bulunan firmaların dijital dönüşümde başarılı olmaları için gereken ilk adım ne durumda olduklarını değerlendirmeleri ve böylece başlangıç noktalarını belirlemeleridir. Bu çalışmada, firmaların dijital dönüşüm yetkinliklerinin ölçülmesi amacı ile dört ana kriter, yirmi üç alt kriterden oluşan bir ölçme ve değerlendirme sistemi tasarlanmıştır. Beyaz eşya sektöründe faaliyette bulunan yedi firma belirlenen kriterlere göre puanlanarak, çok kriterli karar verme yöntemlerinden MACHBETH ve EDAS yöntemleri yardımıyla firmaların dijital dönüşüm yetkinlikleri değerlendirilmiştir. Sonuçta firmaların dijital dönüşümün daha başında oldukları belirlenmiştir.

Evaluation of digital transformation competency in the white-goods sector in the context of Industry 4.0 by MACBETH and EDAS methods

HIGHLIGHTS

- Creating a model for evaluating the Industry 4.0 level of companies
- Using the MACHBETH & EDAS methodology to evaluate the digital transformation competency status
- Evaluation of digital transformation competency status of companies in white goods sector

Article Info

Research Article

Received: 12.08.2021

Accepted: 25.09.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.981824

Keywords:

Industry 4.0,
digital transformation,
white goods sector,
MACHBETH,
EDAS

ABSTRACT

Industry 4.0 has been a revolutionary wave of change over the past decade that has had a variety of impacts on companies. Institutional adoption of the upcoming changes is one of the most important factors in this scenario. In this context, in order for companies to adapt to this wave of change, it is extremely important that they correctly evaluate their current situation in Industry 4.0 and accordingly identify their needs and deficiencies and determine the areas they need to develop correctly. The Turkish white goods sector is one of the leading sectors of the Turkish economy on a global scale with its international competitive power and brands, creating high added value in production and exports, providing positive foreign trade balance. Due to this feature, it is one of the sectors where Industry 4.0 and digitalization will be applied successfully. The first step for companies in the white goods sector, which is deeply affected by technological developments, to be successful in digital transformation is to evaluate their situation and thus determine their starting points. In this study, a measurement and evaluation system consisting of four main criteria and twenty-three sub-criteria was designed with the aim of measuring the digital transformation competencies of companies. Seven companies operating in the white goods sector were scored according to the determined criteria, and the digital transformation competencies of the companies were evaluated with the help of MACHBETH and EDAS methods, which are multi-criteria decision-making methods. As a result, it has been determined that companies are at the very beginning of digital transformation.

1. Giriş (Introduction)

Globalleşen dünya düzeninde, tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de Endüstri 4.0 etkisini yoğun olarak göstermiştir. Son devrim, tam olarak sanayileşmesini tamamlamamış ve ağırlıklı olarak sanayi toplumu olmak üzere yine de tarım toplumunun da özelliklerini barındıran Türkiye’de, ekonomik faaliyetleri önemli ölçüde etkilemiştir [1]. Şimdiye kadar yapılan çalışmaların ve analizlerin çoğu, dijital ekonomiye yapılan yatırımların tamamen haklı ve karlı olduğunu açıkça göstermektedir. Aynı zamanda, son yıllarda yaşanan tecrübeler, önümüzdeki yıllarda küresel ekonominin gelişiminin temelini dijitalleşme olacağını işaret etmektedir [2].

Endüstri 4.0, akıllı üretim sistemleri ve gelişmiş bilgi teknolojilerinin entegre bir setidir ve bir ekonomik sistem içinde mevcut tüm üretim birimlerinin dijitalleştirilmesine ve birbirine bağlanmasına dayanan bir dizi teknolojiye dayanmaktadır [3]. Endüstri 4.0, işletmelerin bilgi işlem alt yapılarının oluşturulmasında ve akıllı üretim/yönetim aşamasına geçişte önemli bir rol oynamaktadır. Endüstri 4.0 aynı zamanda ürün ve hizmet çeşitlerinde devrim yaratacak ve iş modellerinin uyarlanmasına yol açabilecek önemli bir potansiyele sahiptir [4]. Dijital dönüşüm süreci, üretimlerini optimize etmek için sürekli yeni çözümler arayan firmaların verimliliğini ve rekabet gücünü artırmak için önemli bir araçtır [2]. İşletmelerin rakipleriyle rekabet edebilmeleri ve varlıklarını devam ettirebilmeleri için teknolojik gelişmeleri yakından izlemeleri ve üretim teknolojileri ile ilgili hızlı değişim ve gelişmeleri kendi sistemlerine uyarlamaları gerekmektedir. Bu değişimlere ayak uydurabilmeleri için işletmelerin Endüstri 4.0 seviyelerini doğru tespit etmeleri ve mevcut durumlarına göre, ihtiyaçlarını ve eksik yönlerinin farkına vararak geliştirmeleri gereken alanları doğru belirleyebilmeleri son derece önemlidir [4].

Türkiye’de sanayide dijital dönüşümün gerçekleştirilebilmesi için, teknoloji kullanan şirketlerin ve değer zincirinde yer alan bütün işletmelerin dijital dönüşüm yetkinlik seviyelerinin ölçülerek yetkinlik alanlarının belirlenmesi son derece önemlidir. Sanayide dijital dönüşüm sürecinde öncü ülkelerin durumu dikkate alındığında; dijital dönüşüm kapsamındaki yeni dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu dünya çapında sürdürülebilir başarının anahtarı olarak görülmektedir [5]. Türkiye, bugün Endüstri 4.0 konusunda fazla mesafe kat eden ülkelerden biri değildir. Türkiye, Endüstri 4.0 için gerekli teknolojik altyapıların oluşturulup hazırlanması ve hayata geçirilmesi, yeterli donanımına sahip uzmanların yetiştirilmesi konusunda geç kalırsa, bu durum uluslararası rekabet sürecinde Türkiye’nin çok büyük dezavantajına olacaktır. Bu sebeple küresel boyutta rekabet avantajını elinde tutabilmek ve gücünü koruyabilmek isteyen her ekonomik güç gibi Türkiye’nin de Endüstri 4.0’ın gerekliliklerini yapması ve öncelikli mevcut durum tespiti yapması ve bu doğrultuda stratejik bir yol haritası çizmesi gerekmektedir [5]. Bu sebeple, bu çalışmanın amaçlarından biri Türkiye’de Endüstri 4.0 konusunda mevcut durum tespiti yapmak için bir pilot çalışma sağlamaktır.

Dijital olgunluk düzeyi ile ilgili olarak, Türk sanayisi Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 arasında yer almaktadır ve araştırmalar dijital olarak en olgun sektörlerin malzeme sektörü (kauçuk ve plastik), bilgisayar, elektronik ve optik cihazlar ile otomotiv ve beyaz eşya sektörleri

olduğunu göstermektedir [6]. Türk Sanayici ve İş Adamları Derneği (TÜSİAD) ve Boston Danışmanlık Grubu’nun (BDG), Endüstri 4.0’ın sunacağı fırsatları analiz etmek, Türkiye sanayisinin potansiyelini ortaya koymak ve bu dönüşümü gerçekleştirmeye yönelik ihtiyaçları tanımlamak amacıyla gerçekleştirdikleri araştırmada altı pilot sektör belirlenmiş ve beyaz eşya sektörünün ekonomik kalkınmaya öncü sektörlerden biri olduğu ifade edilmiştir [7]. Türkiye beyaz eşya sektörü gelişmiş teknolojisi, yenilikçi yapısı, yüksek ihracat geliri ve sağladığı istihdam ile Türkiye ekonomisinin lokomotif sektörlerinden biridir.

Bu çalışmada Endüstri 4.0’ın Türkiye’de KOBİ’ler üzerindeki etkileri ve özellikle de beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren KOBİ’ler açısından değerlendirilmiştir. Beyaz eşya sektörünün Türkiye’nin önemli bir üretim ve ihracat sektörü niteliği taşıması ve beyaz eşya üretiminde büyük çaplı firmalar kadar KOBİ tarzı firmaların da önemli bir yeri olması nedeniyle beyaz eşya sektörü inceleme konusu olarak seçilmiştir. Özellikle teknolojik yeniliklerden derinden etkilenen beyaz eşya sektörünün Endüstri 4.0 uygulamalarına olan eğilimi ve yakınlığı son derece fazladır. Bu sebeple beyaz eşya sektörünün, Endüstri 4.0 uygulamalarının etkilerinin incelenmesi ve dijital dönüşüm yetkinliğinin analiz edilmesi açısından en doğru sektörlerden biri olduğu düşünülmektedir. Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı bu çalışma beyaz eşya sektöründe gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma şu şekilde organize edilmiştir; Devam eden bölümde dijital dönüşüm, dijital dönüşüm yetkinliği kavramları açıklanmış ve yazın taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde ise çalışmada izlenen metodoloji ve kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde beyaz eşya sektöründe dijital dönüşüm yetkinliğinin ölçülmesine yönelik beyaz eşya sektöründe gerçekleştirilen uygulamaya yer verilmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

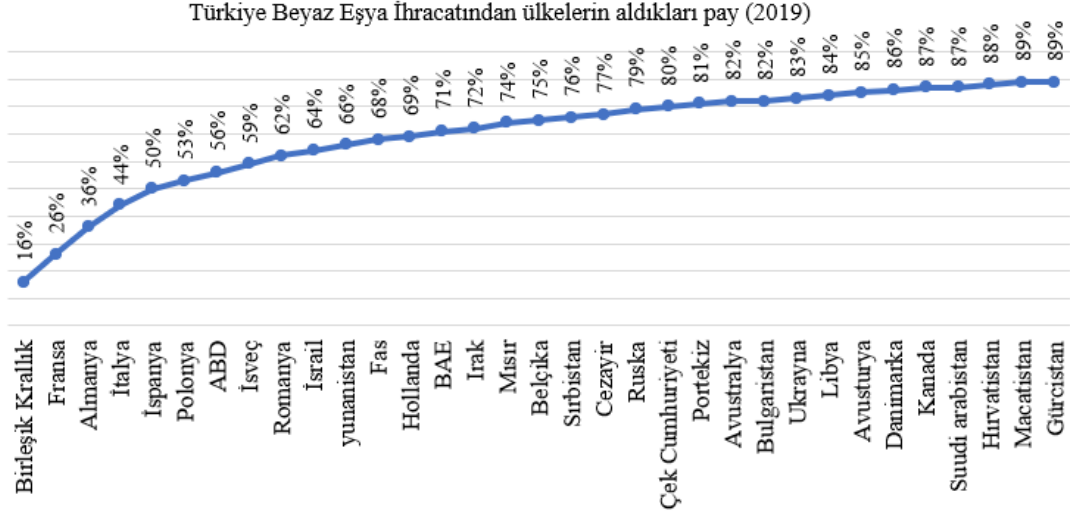
2. Türkiye Beyaz Eşya Sektörü (Turkish White Goods Industry)

Türkiye dünya üretiminin yarısını gerçekleştiren Çin’den sonra dünyanın ikinci, Avrupa’nın ise en büyük beyaz eşya üreticisi olarak dünya çapında beyaz eşya sektöründe önemli bir yere sahiptir. Türkiye’de satılan beyaz eşyanın %95’i ülkemizde üretilmekte ve üretimin %70’e yakını yerli üretim girdisi ile gerçekleştirilmektedir [8]. Sektör, 2020 yılında buzdolabı, derin dondurucu, çamaşır makinesi, kurutucu, bulaşık makinesi ve fırından oluşan ürün gruplarında toplam 29,1 milyon adetlik üretim gerçekleştirerek Türkiye’nin sanayi gücüne önemli katkı sağlamıştır. Tablo 1’de görüldüğü gibi Türkiye beyaz eşya sektörü, 2016-2020 yılları arasında %10,8 oranında üretim artışı gerçekleştirmiş, aynı dönemde ihracatta %12’lik bir büyüme elde etmiş ve 2020’de 22,0 milyon adet beyaz eşya ihracatı gerçekleştirmiştir. Bu oran toplam Türkiye üretiminin %76’sına karşılık gelmektedir [9].

Şekil 1’de görüldüğü gibi Türkiye’de beyaz eşya sektöründe ihracatın %50’si 5 Avrupa ülkesine yapılmaktadır. Bu ülkeler ihracat büyüklüğü açısından sırasıyla; Birleşik Krallık, Fransa, Almanya, İtalya ve İspanya’dır. Türkiye Beyaz eşya sektörü 2019 yılında 170 ülkeye ihracat yapmıştır. Şekil 1’de de görüldüğü gibi bu ihracatın %90’ı 34 ülkeye gerçekleştirilmiştir [76].

Tablo 1. Türkiye beyaz eşya sektörü verileri (Data about Turkish white goods industry [77])

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Üretim	22.595.875	24.563.133	26.236.181	28.432.103	28.538.758	28.197.564	29.184.199
İç Satış	6.706.437	7.090.051	7.469.796	8.533.013	7.110.193	6.655.155	7.750.666
İhracat	16.903.600	18.082.490	19.547.508	20.639.701	22.092.563	21.875.038	21.977.459



Şekil 1. Türkiye beyaz eşya sektörü ihracatından ülkelerin aldıkları pay
(The share of countries in the exports of the Turkish white goods sector) [76]

Görüldüğü gibi beyaz eşya sektörü Türkiye ekonomisi açısından önemli sektörlerden biridir

3. Dijital Dönüşüm (Digital Transformation)

On sekizinci yüzyılda birinci sanayi devrimi ile başlayan sanayileşme süreci günümüzde Endüstri 4.0 ile birlikte yeni bir döneme girmiştir. Buhar enerjili makinelerle başlayan sanayileşme süreci, 20. yüzyılda elektrik ve seri üretim sistemlerinin kullanılmasıyla birlikte ikinci aşama olan Endüstri 2.0 ile devam etmiştir. 1970'lerde elektronik teknolojilerinin ve bilgi teknolojilerinin kullanılmasıyla üçüncü aşama olan Endüstri 3.0'a geçilmiş ve son olarak 2011 yılında ilk kez Almanya'nın Hannover kentinde teknoloji fuarında kullanılan Endüstri 4.0 kavramı ile yeni bir dönem başlamıştır [10].

Endüstri 4.0, "Dijital Dönüşüm", "Dijitalleşen Endüstri", "Dördüncü Sanayi Evrimi" gibi birçok farklı isimle ifade edilebilmektedir. Bu isimlerin birbirine çok benzer kavramlar olduğu görülmektedir [11]. Günümüzde Endüstri 4.0 kendi kendini yönetebilen sistemler, robotlar, sürücüsüz araçlar, artırılmış gerçeklik teknolojileri gibi farklı alanlarda uygulanan dijital dönüşüm olarak ifade edilmektedir [12]. Endüstri 4.0 kavramı gerçek zamanlı veri alışverişine dayalı olarak aktörleri, nesnelere ve sistemlere birbirine bağlanmayı mümkün kılan tüm tedarik zincirinin dijitalleşmesini kapsamaktadır [13]. Schuh vd. [14] 'e göre Endüstri 4.0, bilgi ve iletişim teknolojisinin endüstriyel ortama entegrasyonudur. Mario vd. [15] ise Endüstri 4.0'ı, "değer zinciri organizasyonu teknolojileri ve kavramları için kolektif bir terim" olarak tanımlamışlardır. Schmidt vd.'e [16] göre Endüstri 4.0 "akıllı ürünlerin dijital ve fiziksel süreçlere yerleştirilmesi"dir. Zezulka vd. [17] Endüstri 4.0'ın birbiriyle bağlantılı üç faktör için kullanıldığını ifade etmiştir. Basit ve karmaşık tekniklerin dijitalleştirilmesi ve entegrasyonu, ürün ve hizmetlerin dijitalleştirilmesi, yeni pazar modelleri. Roblek vd. [18]'e göre Endüstri 4.0'ın beş temel unsuru şunlardır: (1) üretimin dijitalleştirilmesi, optimizasyonu ve özelleştirilmesi, (2) otomasyon ve adaptasyon, (3) insan-makine etkileşimi, (4) katma değerli hizmetler ve depolar ve (5) otomatik veri alışverişi ve iletişim.

Hess vd.'e [19] göre, dijital dönüşüm, dijital teknolojilerin bir şirketin iş modelinde meydana getirebileceği, değişen ürün veya organizasyon yapıları veya süreçlerin otomatikleştirilmesiyle sonuçlanan değişikliklerle ilgilidir. Demirkan vd.'a [20] göre, dijital dönüşüm,

dijital teknolojilerin neden olduğu değişimler ve fırsatlar ile, bunların toplumdaki üzerindeki etkisinden stratejik ve öncelikli bir şekilde yararlanmak için iş faaliyetlerinin, iş süreçlerinin, iş yetkinliklerinin ve iş modellerinin derin ve hızlanan dönüşümüdür. Dijital dönüşüm hem mevcut fiziksel ürünleri dijital yeteneklerle geliştirmeye odaklanan dijital inovasyonu hem de verimlilik odaklı süreç dijitalleşmesini kapsar [21]. Chanas'a göre [22] dijital dönüşüm önemli iş iyileştirmelerini sağlamak için analitik, mobil bilgi işlem, sosyal medya veya akıllı yerleşik cihazlar gibi gelişmiş bilgi teknolojilerinin genişletilmiş kullanımı ve kurumsal kaynak planlaması (ERP) gibi geleneksel teknolojilerin gelişmiş kullanımınıdır. Morakanyane vd. [23] dijital dönüşümü, iş modellerinin, operasyonel süreçlerin ve müşteri deneyimlerinin değer yaratmasını sağlamak için dijital yetenekleri ve teknolojileri kullanan evrimsel bir süreç olarak tanımlamaktadır.

Dijital dönüşüm, işletme süreç yönetimi, robotik süreç otomasyonu, bulut bilişim, gelişen teknoloji, çevik program yönetimi, siber güvenlik ve etkili iç ve dış iletişim becerileri gibi özel bir dizi beceri ve yetkinlik gerektirir [24]. Endüstri 4.0 Teknolojileri Boston Danışmanlık Grubu (BDG) tarafından Tablo 2'deki gibi tanımlanmaktadır.

Dijital yetkinlik ya da dijital olgunluk kavramı bir şirketin dijital dönüşümde ne durumda olduğunu yansıtır [26]. Dijital yetkinlik bir şirketin dijital dönüşüm çabalarını gerçekleştirme açısından halihazırda neleri başardığını ve bir şirketin rekabetçi kalabilmek için giderek artan dijital ortama uyum sağlamaya sistematik olarak nasıl hazırlandığını açıklar [27]. Dijital yetkinlik/olgunluk değerlendirme çalışmaları, şirketlerin önceden belirlenmiş boyutlara göre dijital dönüşümü gerçekleştirme yeteneklerini değerlendirmelerine yardımcı olurlar. Bu çalışmalar dijital dönüşüm çabalarını sistematik olarak etkin bir şekilde yönetme ve yönlendirme konusunda bir işletmenin mevcut durumunu ve yeteneklerini anlamalarını sağlamaya yardımcı olurlar [28].

4. Yazın Taraması (Literature Review)

Son yirmi yılda Dijital dönüşüm konusunda çok fazla araştırma yapılmıştır. Endüstri 4.0 ile ilgili dijital dönüşüm alanında birçok bilimsel çalışma ve pratik uygulama örneklerine rastlamak mümkündür. Bu çalışmaların dijital dönüşümü kolaylaştırıcıları,

Tablo 2. Endüstri 4.0 teknolojileri (Industry 4.0 technologies) [25]

Endüstri 4.0 Teknolojisi	Tanımı
Gelişmiş / Akıllı Robotlar:	Otonom ve entegre sensörler ve standartlaştırılmış arayüzlerle işbirliği yapan robotlardır.
Katmanlı Üretim	Nakliye mesafelerini ve envanteri azaltan, merkezi olmayan 3 boyutlu baskı tesislerinde yedek parça ve prototipler yapmak için ağırlıklı olarak 3 boyutlu yazıcıları kullanan üretim türü.
Artırılmış Gerçeklik	Dijital geliştirmeyi ifade eder ve gözlük gibi görüntüleme cihazları ile bakım ve lojistiği kolaylaştırır.
Simülasyon	Akıllı sistemlerden gerçek zamanlı verileri kullanarak ağ simülasyonunu ve optimizasyonu temsil eder.
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	Tedarikçiden müşteriye ve organizasyon yapısından yönetimden atölyeye kadar tam entegre değer zinciridir.
IoT (Nesnelerin İnterneti)	Bir makine ve ürün ağına dayalı, ağa bağlı nesnelere arasında çok yönlü iletişim.
Bulut Bilişim	Açık sistemdeki büyük hacimli verilerin yönetimidir ve üretim sistemleri için gerçek zamanlı iletişimi içerir.
Siber Güvenlik	Akıllı makineler, ürünler ve sistemler arasında üst düzey ağ oluşturma nedeniyle güvenlik risklerinin yönetimini temsil eder.
Büyük Veri Analitiği	Dijital kanallardan mevcut verilerin değerlendirilmesidir.

dijital dönüşüm için gerekli kaynaklar ve yetenekler, dijital dönüşüm süreçleri ve modları ve dijital dönüşümün faydaları alanlarında yoğunlaştığı görülmektedir [29]. Bu çalışma kapsamında yazın taramasında işletmelerin dijital dönüşüm yetkinlik ve olgunluk seviyesini değerlendiren çalışmalar yer almaktadır.

Firmaların Endüstri 4.0 seviyelerini ölçmek için geliştirilen çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Endüstri 4.0 olgunluk seviyesini ölçmek üzere Lichtblau vd. [30] tarafından geliştirilen modelde işletmelerin Endüstri 4.0'a hazır olma durumu; strateji ve organizasyon, akıllı fabrika, akıllı işlemler, akıllı ürünler, veriye dayalı hizmetler, çalışanlar olmak üzere altı boyutta incelenmiştir. Elde ettikleri bulgular KOBİ'lerin orta düzeyde olduğunu ve bazı KOBİ'lerin stratejilerinde endüstri 4.0'ı bir dereceye kadar uygulamaya başladıklarını ve endüstri 4.0 uygulamasının öğrenme durumunda olduklarını göstermiştir. Schumacher vd. [31] Endüstri 4.0 olgunluk seviyesini belirlemek amacıyla strateji, liderlik, müşteriler, ürünler, operasyonlar, kültür, yönetmelikler, çalışanlar ve teknoloji olmak üzere 9 boyuttan oluşan bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin geçerliliğini test etmek için havacılık bileşenleri ve test ekipmanları tasarlayan ve üreten yaklaşık 400 çalışanı olan bir Avusturya imalat işletmesi ile bir vaka çalışması gerçekleştirmişler ve üretilen havacılık ve uzay bileşenleri yüksek teknoloji gerektirmelerinden dolayı, Endüstri 4.0 ile ilgili olarak oldukça olgun özellikler gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Zeller vd. [32], Endüstri 4.0 seviyesini belirlemek için bilgisayarlaşma, bağlantılık, dijital görünürlük, şeffaflık, öngörme yeteneği ve uyum yeteneği kriterleri çerçevesinde kaynaklar, bilgi sistemleri, kültür ve organizasyonel yapı boyutlarından oluşan ACATECH isimli bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Özkurt [33] Sakarya'da imalat sanayine bağlı olarak faaliyetini sürdüren 5 işletmeyi baz alarak, bu işletmelerin hali hazırdaki uygulamaları ve Endüstri 4.0 kavramına geçebilmek için ne düzeyde olduklarını incelemiştir. Çalışma sonucunda beş kurum ve kuruluşun toplam verilerine dayanılarak Endüstri 4.0 kavramı ve uygulamalarının henüz tam olarak ortaya konmadığı ve anlaşılmadığı ve Endüstri 4.0 uygulaması konusunda başlangıç düzeyinde oldukları görülmüştür. Jung vd. [34] bir fabrikanın akıllı üretim sistemleri veya fabrikalar oluşturmak için gerekli teknolojileri uygulamaya hazır olup olmadığını değerlendirmek için bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntem dijital hazırlığı, firmaların durumunu dört olgunluk boyutunu - Organizasyonel, BT, Performans yönetimi ve Bilgi bağlantı olgunlukları- puanlayarak ölçmekte ve daha sonra bu değerlendirmeleri tek bir Akıllı Üretim Sistemi Hazırlık Düzeyi (Smart Manufacturing System Readiness Level -SMSRL) endeksinde

birleştirmektedir. Yazarlar doğrulama analizi yoluyla, değerlendirmenin operasyonel performansla pozitif bir ilişkisi olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Demircan Keskin vd. [35] kuruluşların Endüstri 4.0'a hazır olma düzeylerini ortaya çıkarmak için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini kullanarak geliştirdikleri modeli Türkiye'de hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir firmaya uygulanmışlar ve firmanın organizasyonel olarak Endüstri 4.0'a hazır olma durumu değerlendirmişlerdir. Firmanın değerlendirmesine göre Endüstri 4.0'a hazırlık düzeyini etkileyen en önemli boyut "İmalat ve Operasyonlar", ardından "Strateji ve Organizasyon" boyutu gelmektedir. Bunu sırasıyla "Ürünler ve Hizmetler", "Tedarik Zinciri ve Endüstri 4.0 Entegrasyonu", "İş Modeli" ve "Yasal Hususlar" takip etmektedir. Değerlendirme sonucunda firmanın puanı 3,5 civarında belirlenmiş ve firmanın Endüstri 4.0 olgunluk düzeyinin orta seviyede olduğu görülmüştür. Koçak ve Dişgin [36] Endüstri 4.0'a geçiş süreçlerinde kritik başarı faktörlerini DEMATEL yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar incelendiğinde enformasyon sistem ve teknolojileri alt yapısı ve güvenlik faktörlerinin ön plana çıktığı ve Sanayi 4.0 geçiş süreçlerinde diğer faktörleri oldukça etkilediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu iki faktörün, öncelikli olarak, işletmenin Sanayi 4.0 geçiş süreçlerindeki başarısını oldukça etkilediği görülmüştür. Türkyılmaz ve Cebeci [37] Beyaz Eşya Tedarikçileri Derneği'ne üye firmalara Endüstri 4.0 temelli anket uygulayarak fabrika olgunluk seviyesini ve Endüstri 4.0 hakkındaki bilgiyi ölçerek firmaların temel yetkinliklerini ve yetersiz şirket alanlarını analiz etmişlerdir. Yalın üretim tekniklerini yüksek düzeyde uygulayan şirketleri için Endüstri 4.0 dönüşümünde öncelikli alanın montaj hattı olduğunu ve beyaz yakalı mühendis oranı orta ve yüksek olan firmalarda Yalın teknikleri uygulama düzeyinin düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Endüstri 4.0'ı "Akıllı fabrika yaratmak" olarak değerlendiren firmaların, gelecekteki 3 yıl için montaj hattında otomasyon seviyesinin düşük olduğunu ortaya koymuşlardır.

Yıldırım ve Demirbağ [38] bir vaka çalışması aracılığıyla iki Türk beyaz eşya imalat şirketinin Endüstri 4.0 açısından mevcut uygulamalarını incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, öncelikle her iki firma da Endüstri 4.0 konusunda bilgili olduğu, A Şirketinin Endüstri 4.0'ı gelişmiş ülkelerin kalkınma stratejisi olarak algılayan, B Şirketinin kavramın teknik tanımına odaklandığı görülmüştür. Her iki şirketin de Endüstri 4.0'a hazır olmak için çalıştığı ve Endüstri 4.0'a geçişte orta ölçekli bir tedarikçi olan B Firmasının önündeki en önemli engelin finansal kaynak eksikliği iken, küresel bir oyuncu olan A firması için en büyük engelin firma

büyükliğünden kaynaklanan sorunlar olduğu tespit edilmiştir. Kiraz vd. [39] firmaların Endüstri 4.0 seviyesi belirleyebilmek amacıyla dokuz değerlendirme kriteri kullandıkları bulanık bilişsel haritalar yönteminden yararlanmışlardır. Endüstri 4.0'ı etkileyen kavramları üç farklı senaryo kullanılarak yorumlamışlardır. Senaryo 1, geliştirilen Endüstri 4.0 modelindeki tüm kavramların kötü yönetildiği bir organizasyonu, Senaryo 2, Senaryo 1'dekinden daha iyi bir yönetim düzeyine sahip bir organizasyonu; Senaryo 3, mevcut durumda tüm kavramların iyi yönetildiği bir organizasyonu ele almıştır. Çalışma sonucunda strateji ve organizasyon, akıllı operasyon ve akıllı fabrika kavramlarının Endüstri 4.0 seviyesine en önemli katkıyı sağladığı tespit edilmiştir.

Demirbağ [40] Endüstri 4.0 dönüşümü konusunda Türkiye beyaz eşya sektöründeki mevcut durumu belirlemek ve mühendislik işi üzerindeki etkisini belirlemek için Türkiye beyaz eşya sektörünün önde gelen iki ana sanayi ve bir yan sanayi şirketiyle keşfedici durum çalışması gerçekleştirilmiş ve analiz sonucunda, üç şirketin de Endüstri 4.0'a yönelik farkındalık seviyesinin yüksek olduğu ve son iki yılda Endüstri 4.0 yatırım ve uygulamalarını arttırdığı tespit edilmiştir. Kiraz vd. [4] işletmelerin Endüstri 4.0 seviyesini etkileyen kriterler belirleyerek kriter etkilerinin Endüstri 4.0 seviyesine etkisini analiz etmek için yapısal eşitlik modeli (YEM) yaklaşımını kullanmışlardır. YEM modelinde teknoloji, strateji, müşteriler, liderlik, devlet politikası, kültür, süreçler ve çalışanlar olmak üzere 8 faktörü kullanmışlar ve gerçekleştirdikleri uygulama ile Endüstri 4.0 seviyesine etki eden önemli üç faktörün sırasıyla strateji, 0, kültür ve süreçler olduğunu tespit etmişlerdir. de Carolis vd. [41] firmaların dijital dönüşüm yol haritalarını belirlemeye başlamaları için mevcut durumlarını analiz etmek amacıyla imalat şirketlerinde dijital hazırlık seviyelerini değerlendiren, CMMI (Capability Maturity Model Integration) çerçevesinin ilkelerine dayalı bir model önermişlerdir. Model üretim şirketlerinin dijital yetkinliklerini Süreç, İzleme ve Kontrol, Teknoloji ve Organizasyon olmak üzere dört analiz boyutuyla değerlendirmektedir. Model bir yandan üretim şirketlerinin dijital dönüşüme nasıl hazır olduklarını anlamaları için süreçlerini değerlendirmelerine yardımcı olurken, diğer taraftan da dijital dönüşüm yol haritalarının geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

Mittal vd. [42] küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) için yeni bir Akıllı Üretim Olgunluk Modeli önermişlerdir. SM³E olgunluk modeli olarak adlandırılan bu modelin, zorlu dijital dönüşüm yolculuğu ve Akıllı Üretim ve Endüstri 4.0'a yönelik paradigma değişimi sırasında KOBİ'leri üç eksen- (i) organizasyonel boyutlar, (ii) araç kutuları ve (iii) olgunluk seviyeleri – desteklediğini göstermişlerdir. Ayrıca verilerin farklı kurumsal boyutlara ve olgunluk seviyelerine göre nasıl saklandığını ve kullanıldığını göstermek için, SM³E olgunluk modelinin bulut/depolama araç kutusuna dayalı örnek bir vaka sunmuşlardır.

Strutynska vd. [43] Ukrayna'nın Ternopil bölgesinde kayıtlı KOBİ'lerin dijital dönüşüm seviyelerini değerlendirmiş ve firmaları dijital dönüşüm seviyelerine göre kümelerle ayırmışlardır. Araştırmanın sonuçları, Ternopil bölgesinde kayıtlı KOBİ'ler kapsamında, belirli bir işletmenin veya tüm ekonomik işletmenin dijital olgunluk endeksini bulmak için bir yöntem geliştirerek, dijital olgunluğun mevcut iş yapılarının mevcut durumunun daha derinden anlaşılmasını sağlamıştır.

Teichert [27] dijital olgunluk modelleri alanındaki çağdaş gelişmeleri sunmak için sistematik bir yazın taraması yaparak 22 farklı dijital olgunluk modelini ve bu modellerin çeşitli özelliklerini içeren 24 makaleyi incelemiştir. Modeller içinde, "işbirliği", "çeviklik ve esneklik", "örgütsel öğrenme", "değişebilirlik" ve "müşteri odaklılık" gibi niteliklerin, tüm modellerde en çok temsil edilen kültürel nitelikler arasında olduğunu göstermiştir. Pacchini vd. [3] bir

organizasyonun Endüstri 4.0'ı uygulamaya hazır olma derecesini ölçmek için bir şirkette yalnız üretimin uygulanmasını ölçmek amacıyla kullanılan Society of Automotive Engineers (SAE) J4000 standardını temel alan yapıyı Endüstri 4.0 ilkelerini ve kavramlarını kapsayacak şekilde değiştirerek yeni bir model önermişlerdir. Bu model, dijital olgunluk düzeyini 8 boyutta (Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim, Siber Fiziksel Sistemler, İşbirliğine Dayalı Robotlar, Katmanlı Üretim, Artırılmış Gerçeklik, Yapay Zeka) değerlendirmektedir. Önerilen modeli Brezilya'daki bir otomobil parçası imalat şirketinde test etmişlerdir. Bu şirketin Endüstri 4.0'a in hazır olma derecesini %75,7 olarak belirlemişler ve şirketin yeterli bir I 4.0 uygulamasını desteklemek için gereken teknolojilerin %75,7'sine sahip olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Lin vd. [44] firmaların dijital olgunluk düzeyini değerlendirmek için Organizasyonel olgunluk, BT olgunluğu, Performans Yönetimi olgunluğu, Bilgi Bağlantısı olgunluğu olmak üzere dört boyuttan oluşan bir model geliştirmişlerdir. Model kapsamında değerlendirdikleri 80 Tayvan işletmesini dört kümeye ayırmışlar ve şirketlerin çoğunluğunun hala olgunlaşmamış veya kısmen olgun görüldüğü ve çok fazla iyileştirmeye ve Endüstri 4.0 ile ilgili dönüşüm stratejilerinin yeniden değerlendirilmesine ihtiyaç duyulduğu sonucunu elde etmişlerdir.

de Santos ve de Rezende Francisco [45] büyük bir Brezilyalı B2B ambalaj şirketinin dijital olgunluk düzeyini ve dijital dönüşüm yoluna girerken karşılaştığı başlıca sorunları incelemiş, bu amaçla nitel ve nicel yöntemleri içeren hibrit bir yaklaşım kullanmışlardır. B2B şirketinin düşük dijital olgunluk seviyesine sahip olduğu ve operasyonel verimlilik odaklı bir kültürden dijital bir kültüre geçmenin oldukça zor olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, dijital kaynakları ve dijital liderlik kapasitesini anlama konusunda kuruluş yöneticilerinin düşük düzeyde bir anlayışa sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Buntak vd. [46] tedarik zincirinde dijital dönüşüm yetkinliğini ölçmek için mevcut modelleri araştırmış ve mevcut teori ve ihtiyaçlara dayalı yeni bir model önermişlerdir. Önerdikleri model beş göstere içermektedir; (1) dijital dönüşümün yürütülmesi, (2) organizasyon içi ve tedarik zinciri içindeki organizasyonlar arası iletişim, (3) yaratıcı yeni iş paradigmaları, (4) tedarik zincirindeki organizasyonlar ve organizasyonlar arasındaki sinerji ve (5) süreçlerin optimizasyonu için kullanılan yeni teknolojiler. Önerdikleri modelin tedarik zincirine ve tedarik zinciri içindeki organizasyona, olgunluk düzeylerini ve yürütülen dijital dönüşümün başarısını ölçme fırsatı vereceğini ifade etmişlerdir. Brodny ve Tutak [2] Orta ve Doğu Avrupa'daki işletmelerin dijital hazırlık düzeyini, dijitalleşme sürecinin en önemli alanlarını karakterize eden 14 belirleyiciye dayanarak değerlendirmiştir. Çok kriterli karar verme tekniklerini (TOPSIS, MOORA, VIKOR ve entropi yöntemleri) kullanarak bölgede yer alan 11 ülke için bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda Orta ve Doğu Avrupa ülkelerindeki dijital olgunluk seviyesinin büyük ölçüde ülkeden ülkeye değiştiğini ve diğer Avrupa Birliği ülkelerinden daha düşük olduğu sonucunda ulaşmışlardır.

Gülseren ve Sağbaş [5] Endüstri 4.0 perspektifinden, Dünyada ve Türkiye'de dijitalleşme sürecinin mevcut durumunu incelemiş ve ekonomik kalkınma sağlanmasında, sanayide bir kaldıraç görevi görebilecek dijital dönüşüm ve dijital olgunluk düzeyini değerlendirmişlerdir. Endüstri 4.0 ekseninde Türkiye'de dijital teknolojilerin geleneksel üretim modeline entegrasyonunun; verimlilik, büyüme, istihdam ve yatırım sarmalında önemli katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir. Tortora vd. [47] İtalyan küçük ve orta ölçekli işletmelerinin Endüstri 4.0 fikrini tanıtmaya hazır olma düzeyleri ile ilgili yaptıkları anket çalışması sonucunda, ankete katılan şirketlerin Endüstri 4.0 teknolojileri hakkında sınırlı ve yetersiz bilgiye sahip olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Saad vd. [48] şirketlerin akıllı üretim planlaması ve kontrolüne dayalı Endüstri 4.0'ı uygulamak için teknolojik hazır olma düzeylerini araştırmak için

Akıllı KOBİ Teknoloji Hazırlık Değerlendirmesi metodolojisini uyarlayarak kullanmışlardır. Sonuçta önerdikleri yöntemin Endüstri 4.0 dönemine stratejik geçişi desteklemek için dünya çapındaki akıllı KOBİ'lerin geliştirilmesinde etkili olabileceğini göstermişlerdir.

Yazın taraması yapılırken, ScienceDirect, EBSCO ve Google Scholar veritabanları ile TRDIZIN ve YOK Tez Arama Sayfasında tarama yapılmıştır. Tarama yapılırken "Industry 4.0", "digital transformation", "adoption", "maturity", "readiness", "competency", "endüstri 4.0 hazır olma durumu", endüstri 4.0 yetkinliği", "Türkiye", "Turkey" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Yazın taraması 2012-2021 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde Endüstri 4.0 olgunluk ve/veya hazır olma durumunu değerlendirme modelleri ile ilgili olarak önemli sayıda makale olduğu görülmüştür [3]. Endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin/hazır olma durumunun değerlendirilmesi konusunda Türkiye'de yapılan çalışmaların oldukça az olduğu görülmektedir. Literatür incelendiğinde 2 bildiriye [35, 50], 2 makaleye [37, 51, 78] ve 3 yüksek lisans tezine [12, 33, 40] ulaşılmıştır. Bu açıdan literatürde bir araştırma boşluğu olduğu görülmüştür. Bu sebeple bu araştırma bu boşluğu dolduracak çalışmalardan biri olacaktır.

Yine literatür incelendiğinde ÇKKV yöntemleri ile firmaların dijital yetkinlik/olgunluk seviyelerini inceleyen az sayıda çalışma olduğu görülmüştür [35, 2, 51, 52]. ÇKKV yöntemlerinden AHP-TOPSIS entegre yöntemi [35], AHP-VIKOR entegre yöntemini [51] MOORA TOPSIS, MOORA, VIKOR ve entropi yöntemleri [2], COPRAS [52] kullanılmıştır. MACBETH ve EDAS bütünlük yöntemini kullanan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu açıdan bu araştırma bu boşluğu dolduracak bir çalışma olacaktır.

Literatür incelendiğinde konfeksiyon [35], lojistik [51, 81], savunma [49], otomotiv [77, 80], perakendecilik [78], kimya [79], bankacılık [82] sektörlerinde dijital yetkinlik/olgunluk seviyelerini değerlendiren çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Bu çalışma dijital yetkinliğin değerlendirilmesi konusunda beyaz eşya sektöründe gerçekleştirilen ilk çalışmalardan biri olacaktır.

5. Metodoloji (Methodology)

Bu çalışmada Şekil 2'de görülen adımlar izlenmiştir. Bu bölümün devamında MATCBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) ve EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution) yöntemlerinin uygulama adımları detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

5.1. MACHBETH Yöntemi (MACHBETH Method)

Çok değişkenli karar verme tekniklerinden biri olan MACHBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) yöntemi 1990'lı yıllarda C.A. Bana e Costa, J.C. Vasnick ve J.M. De Corte tarafından geliştirilmiştir. Yöntem, karar vericilere nitel yargılardan yola çıkarak sayısal bir karar verme olanağı sağlamaktadır. Karar verici tarafından belirlenen nitel bilgiler M-MACBETH programına girilirken program yazılım sistemi, girilen kalitatif değerlendirmelerin tutarlığı konusunda bir doğrulama yapmakta ve eğer girilen nitel değerler arasında tutarsızlık varsa bunların çözümü için öneriler sunmaktadır [53]. MACBETH yöntemi AHP gibi ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır ancak MACBETH yönteminin AHP yönteminden bazı farklılıkları bulunmaktadır. AHP'de karar probleminin hiyerarşisi oluşturulurken, MACBETH'de karar problemi bir karar ağacı olarak tanımlanır. İkisi de Farklı ölçekler kullanırlar. AHP 9 puanlık oran ölçeğini kullanırken, MACBETH yöntemi sıralı bir ölçek olan 6-anlamsal ölçek kullanır. Öte yandan, AHP ağırlıkları belirlemek için özdeğer yöntemini kullanır, ancak MACBETH doğrusal programlama yöntemini

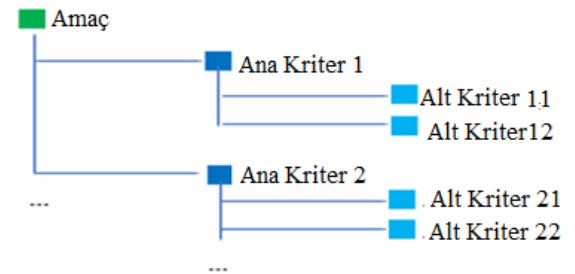
kullanır. Diğer fark, AHP'nin %10 tutarsızlığa izin vermesidir, ancak MACBETH tutarsızlığa izin vermez. MACBETH'in temel avantajı, yargıların teorik ve anlamsal tutarlılık kontrolünün varlığıdır [54]. MACBETH yöntemi literatürde çok çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Örneğin MACHBETH yöntemi, tedarikçi seçimi [55], tesis yeri seçimi [56], hava kompresyonu seçiminde kriter ağırlıklarının belirlenmesi [57], bireysel emeklilik sisteminin seçilmesi [58], teknoloji seçimi [59], Desen programı seçiminde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi [60], buhar kazanlarının değerlendirme sürecinde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi [54], makine seçim kriterlerinin değerlendirilmesi [61] vb alanlarda kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışmanın Metodolojisi (Methodology of the study)

Bu çalışmada, MACBETH yöntemi, firmaların dijital yetkinliklerini değerlendirme sürecinde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. MACBETH yönteminin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [56, 57, 62, 63, 64, 65].

Adım 1. Bu adımda, karar vericiler tarafından değerlendirme kriterleri belirlenir ve bir değer ağacı olarak ifade edilir. MACHBETH yöntemi, problemi bir değer ağacı ya da hiyerarşi yapısı içerisinde yapılandırmaktadır. İlgili kriterler belirlendikten sonra Şekil 3'de gösterildiği şekilde bir değer ağacı yapısı içinde konumlandırılarak problemin yapısı görsel olarak ortaya konmuş olur.



Şekil 3. MACHBETH değer ağacı yapısı (Value tree structure of MACHBETH)

Adım 2. Bu adımda, alternatifler karar vericiler tarafından belirlenir. Daha sonra, her bir kriter altındaki alternatiflerin sıralı performans seviyeleri tanımlanır. Ardından, üst referans seviyesi (100 puan) ve alt referans seviyesi (0 puan) belirlenir. Burada 0 her zaman en kötü performansı göstermez ve 100 olası en iyi puanı göstermez.

Adım 3. Bu adımda alternatifler ve kriterler, önem derecelerine göre soldan sağa doğru çift yönlü değerlendirme matrisine yerleştirilir MACHBETH, aralık ölçekleri kullanarak karşılaştırmalar yapan bir yöntemdir. Bu yüzden kullanıcıların öncelikle iki seçenek arasındaki tercih edilme düzeyleri ile ilgili olarak kalitatif yargılar yapması gerekir. MACHBETH yönteminde değerlendirmeler için Tablo 3'de görülen 7 kategorili ölçek kullanılmaktadır [54].

Seçeneklerin matrisine tercih sırasına göre dizilmesi tutarlılığın kontrol edilmesini kolaylaştırır. Tablo 4'de görüldüğü gibi karşılaştırma matrislerinde alt üçgen matrisin üst kısmı ile aynı verileri gösterdiği için sadece üst üçgenin doldurulması yeterli olur.

Adım 4. Daha sonra, karşılıklı karşılaştırmalarla elde edilen karar vericilerin yargıları, aşağıdaki doğrusal programlama modelini çözerek bir MACBETH ölçeğine dönüştürülür. Burada $v(x)$, X seçeneğine atanan puandır. x^+ , en az X^+ 'in diğer seçeneği kadar çekicidir ve x^- , X^+ 'in herhangi bir diğer seçeneği için en fazla eşit derecede çekicidir [54]. Bu doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu Eş. 1'de görülmektedir.

$$\text{Min}[v(x^+) - v(x^-)] \quad (1)$$

Sıfırlama koşulu Eş. 2'de görüldüğü gibi ifade edilmektedir.

$$v(x^-) = 0 \text{ (isteğe bağlı atama)} \quad (2)$$

Bu doğrusal programlama modelinin bir sonraki adımı kısıtları yazmaktır. İlk kısıt grubu ordinallik kısıtıdır. Ordinallik kısıtı Eş. 4'deki gibi yazılabilir.

$$\forall(x, y) \in C_0: (v(x) - v(y)) \quad (3)$$

$$\forall(x, y) \in C_i \cup \dots \cup C_s, i, s \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \text{ ve } i \leq s: v(x) - v(y) \geq i \quad (4)$$

Bir sonraki kısıt grubu semantik kısıtlardır. Semantik kısıtlar Eş. 5 ve Eş. 6'daki gibi yazılabilir.

$$\forall(x, y) \in C_i \cup \dots \cup C_s \text{ ve } \forall(w, z) \in i, s \in C_i \cup \dots \cup C_s \quad (5)$$

$$i \leq s, i \leq s \text{ ve } i > s: \\ v(x) - v(y) \geq v(w) - v(z) + i - s, \\ i, s, i, s \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \quad (6)$$

Bu doğrusal program olurlu değilse, yargıların tutarsız olduğu görülür. Olurlu ise, çoklu-optimal çözüm mevcut olabilir ve bu durumda ortalamalar MACBETH ölçeği olarak alınır [54].

Adım 5. Alternatiflerin genel puanları, w_j 'nin j. kriterin ağırlığını gösterdiği Eş. 7 ve Eş. 8 yardımıyla belirlenir.

$$v(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j(v_j) \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1, f(x) = \begin{cases} w_j(A_i^{iyi}) = 100 \\ w_j(A_i^{nötr}) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

Daha sonra alternatifler $V(A_i)$ değerlerine göre küçükten büyüğe sıralanır.

5.2. EDAS Yöntemi (EDAS Method)

İlk olarak 2015 yılında Keshavarz Ghorabae vd. tarafından önerilen EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution) yöntemi bir ÇKKV yöntemidir ve çelişkili kriterler içeren karar problemlerinin çözümüne çok uygundur [66]. EDAS yöntemi, Ortalama Çözüm Uzaklığına Göre Değerlendirme yöntemi olarak bilinir ve alternatiflerin değerlendirilmesinde ortalama çözümü kullanır [67]. EDAS yöntemi yeni geliştirilen bir yöntem olmasına rağmen, son yıllarda literatürde çeşitli problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. EDAS yöntemi envanter sınıflandırması [68], tedarikçi seçimi [69], dikiş makinesi seçimi [70], katı atık yok etme sahası seçimi [71], elektronik bilgi yönetim sistemi yazılımı seçimi [72], buhar kazanlarının seçiminde [53], lojistik firma web sitelerinin değerlendirilmesi [73] vb. alanlarda kullanılmıştır.

EDAS Yönteminin adımları aşağıda özetlenmiştir [66];

Adım 1: X karar matrisi Eş. 9'da verildiği gibi oluşturulur.

$$X = [X_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{21} & \dots & X_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Adım 2: Tüm kriterler için AV (Average Value) değeri Eş. 10 ile belirlenir

$$AV = [AV_j]_{1 \times m} \quad j = 1, \dots, m \quad (10)$$

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n} \quad j = 1, \dots, m \quad (11)$$

Tablo 3. MACHBETH anlamsal kategori (MACHBETH semantic category)

Anlamsal Kategoriler	Kantitatif Ölçek	Açıklama
Yok (No)	0	Alternatifler arasında fark yok
Çok Zayıf (Very Weak)	1	Bir alternatif diğerine göre çok zayıf derecede önemli
Zayıf (Weak)	2	Bir alternatif diğerine göre zayıf derecede önemli
Orta Derece (Moderate)	3	Bir alternatif diğerine göre orta derecede önemli
Güçlü (Strong)	4	Bir alternatif diğerine göre güçlü derecede önemli
Çok Güçlü (Very Strong)	5	Bir alternatif diğerine göre çok güçlü derecede önemli
Aşırı (Extreme)	6	Bir alternatif diğerine göre aşırı derecede önemli

Tablo 4. Kriterlerin MACHBETH karşılaştırma matrisi (MACHBETH comparison matrix of criteria)

	En önemli kriter	İkinci En önemli kriter	Üçüncü en önemli kriter	Dördüncü en önemli kriter
En önemli kriter	Yok	Güçlü	Orta	Orta
İkinci en önemli kriter		Yok	Orta	Zayıf
Üçüncü en önemli kriter			Yok	Zayıf
Dördüncü en önemli kriter				Yok

Adım 3: Kriterlerin türüne göre *PDA* (Ortalamadan pozitif uzaklık) ve *NDA* (ortalamadan negatif uzaklık) matrisleri hesaplanır

$$PDA = [PDA_{ij}]_{n \times m} \quad (12)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{n \times m} \quad (13)$$

j kriteri fayda kriteri ise *PDA* değeri Eş. 14 ile *NDA* değeri Eş. 15 ile hesaplanır.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, X_{ij} - AV_j)}{AV_j} \quad (14)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, AV_j - X_{ij})}{AV_j} \quad (15)$$

j kriteri maliyet kriteri ise *PDA* değeri Eş. 16 ile *NDA* değeri Eş. 17 ile hesaplanır.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, AV_j - X_{ij})}{AV_j} \quad (16)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, X_{ij} - AV_j)}{AV_j} \quad (17)$$

Adım 4. Tüm alternatifler için Ağırlıklı *PDA* ve *NDA* toplamı Eş. 18 ve Eş. 19 Kullanılarak belirlenir

$$SP_i = \sum_{j=1}^m w_j PDA_{ij} \quad (18)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^m w_j NDA_{ij} \quad (19)$$

Adım 5. Tüm alternatifler için *SP* ve *SN* değerleri sırasıyla Eş. 20 ve Eş. 21 kullanılarak normalize edilir.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max(SP_i)} \quad (20)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max(SN_i)} \quad (21)$$

Adım 6: Tüm alternatifler için değerlendirme puanları (*AS*) Eş. 22 kullanılarak hesaplanır. Burada *AS* değerleri 0 ile 1 arasında değer alırlar ($0 \leq AS_i \leq 1$)

$$AS_i = \frac{1}{2} (NSP_i + NSN_i) \quad (22)$$

Adım 6. Elde edilen *AS*'lere göre alternatifler artan sırada sıralanırlar. En yüksek *AS* değerine sahip alternatif diğer alternatifler arasında en iyisidir.

6. Uygulama (Application)

Bu çalışmada beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren yedi adet orta ve büyük ölçekli firma seçilmiştir. Öncelikle dijital dönüşüm kriterleri belirlenerek MACHBETH yöntemiyle ağırlıklandırılmış, daha sonra firmaların mevcut durumları bu kriterler bazında EDAS yöntemiyle değerlendirilerek ortaya konulmaya çalışılmıştır.

6.1. Dijital Dönüşüm Yetkinlik Kriterlerinin Belirlenmesi (Determination of Digital Transformation Competency Criteria)

Türkiye'de beyaz eşya yan sanayiinde faaliyet gösteren firmaların dönüşüm yolculuğunun hangi evresinde olduklarının analiz edilmesi için TÜSİAD'ın 2017 yılında BCG (Boston Consulting Group) ile birlikte, yapmış olduğu "Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği Raporu" [74] çalışması referans alınarak dijital dönüşüm yetkinlik değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Tablo 5'de görüldüğü gibi teknoloji kullanım seviyesi, personel alt yapısı, yalın

Tablo 5. Dijital dönüşüm yetkinlik kriterleri (Digital transformation competency criteria)

Kriter Adı	Sınıf	Kısa Adı
1. Teknoloji Kullanım Seviyesi	Ana Kriter	X ₁
Bulut		X ₁₁
Yapay Zeka		X ₁₂
Veri Güvenliği		X ₁₃
Robot ve Otomasyon Sistemler		X ₁₄
Sensor		X ₁₅
Büyük Veri	Alt Kriter	X ₁₆
Nesnelerin İnterneti		X ₁₇
Simülasyon		X ₁₈
Arttırılmış Gerçeklik		X ₁₉
Eklemeli Üretim		X ₁₀
2. Personel Alt Yapısı	Ana Kriter	X ₂
Yetkin Personel		X ₂₁
Personel Yetkinliğini Arttırıcı Faaliyetler	Alt Kriter	X ₂₂
Personel İhtiyaç Planlaması		X ₂₃
3. Yalın Üretim Uygulama Seviyesi	Ana Kriter	X ₃
SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi)		X ₃₁
TPM (Toplam Verimli Bakım)		X ₃₂
5S		X ₃₃
VSM (Değer Akış Haritalama)	Alt Kriter	X ₃₄
KANBAN		X ₃₅
Performans Göstergeleri		X ₃₆
4. Üretim Yönetim Araçları Kullanım Düzeyi	Ana Kriter	X ₄
ERP (Kurumsal Kaynak Planlama)		X ₄₁
MES (Üretim Yönetim Sistemi)		X ₄₂
Akıllı Depo Uygulamaları	Alt Kriter	X ₄₄
EDI (Elektronik Veri Değişimi)		X ₄₅

üretim uygulama seviyesi ve üretim yönetim araçları kullanım seviyesi olmak üzere 4 ana kriter ve toplam 23 alt kriter belirlenmiştir.

Dijital teknoloji kullanım seviyesi: Endüstri 4.0 teknolojileri olarak adlandırılan bulut bilişim, büyük veri, nesnelerin interneti, robot ve otomasyon sistemler gibi unsurlar olmadan firmalar için dijital dönüşümden bahsetmek mümkün değildir. Bu nedenle endüstri 4.0 yolculuğunda firmaların bu teknolojilere yatırım yapmaları kaçınılmazdır. Endüstri 4.0 teknolojileri kullanım seviyesinin boyutlarını anlamak için belirlenen alt kriterler; bulut, yapay zeka, veri güvenliği, robot ve otomasyon sistemler, sensor, büyük veri, nesnelerin interneti, simülasyon, artırılmış gerçeklik ve eklemeli üretim olarak belirlenmiştir.

Personel alt yapısı: Dijital dönüşüm için gerekli olan sistemlerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi ve yönetilebilmesi için firmaların daha yetkin personel alt yapısına ihtiyacı vardır. Uzman görüşlerden alınan cevaplara göre hızlı bir dönüşüm için yetkin işgücünün firma bünyesinde olması hızlı ve doğru kararların alınmasını sağlayacak olup dijital dönüşüm sürecini hızlandıracaktır [74]. Bunun yanında mevcut personelin yetkinliğinin artırılması önemli bir unsurdur.

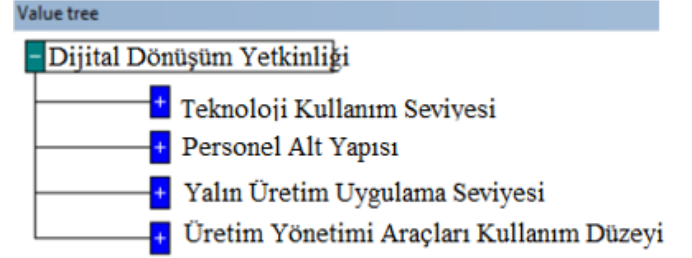
Yalın üretim uygulama seviyesi: Yalın üretim felsefesi, israf kaynaklarını yok edilmesine dayanan sürekli iyileştirmeler ile üretim sisteminin verimliliğini arttırmaya yönelik sistematik bir yaklaşım sunar. Yalın üretim tekniklerinin Endüstri 4.0 teknolojileri ile ortak bir noktada buluştuğuna dair birçok araştırma mevcuttur [75]. Yalın üretim tekniklerinin yeni sanayi devrimi ile birlikte yok olmayacağını aksine yeni teknolojilerin entegrasyonu için sağlam bir alt yapı oluşturacağı söylenebilir [74]. Bu bağlamda yalın üretim tekniklerini uygulayan firmaların endüstri 4.0 dönüşümüne daha az maliyetle ve daha hızlı adapte olacağı öngörülmektedir, dijital dönüşüm yetkinlik seviyesinin ölçülmesinde yalın üretim uygulama seviyesi bir kriter olarak alınmıştır. Bu kriterle ait alt kriterler ise; SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi), TPM (Toplam Verimli Bakım), 5S, VSM (Değer Akış Haritalama), Kanban, Performans göstergeleri olarak belirlenmiştir.

Üretim yönetim araçları: Bulut, büyük veri analizleri, yatay ve dikey entegrasyon gibi teknolojilerin uygulamaları, otomasyon sistemler, kurumsal kaynak planlama ve üretim yönetim araçları üzerine entegre edilmesi gereklidir [76]. Bu bağlamda yapılan çalışmada 4 ana kriterden biri olarak üretim yönetim araçları kategorisi altında ERP (Enterprise Resource Planning) kurumsal kaynak planlama, akıllı depo sistemleri, üretim takip sistemleri, EDI (Electronic Data Interchange) elektronik veri değişimi dijital dönüşüm seviyesinin

ölçülmesi için üretim yönetim araçları alt kriterleri olarak belirlenmiştir.

6.2. MACHBETH Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi (Determination of Weights of Criteria by MACHBETH Method)

Ağırlıkların belirlenmesi için Costa, De Corta ve Vasnick tarafından geliştirilen M-MACHBETH programı kullanılmıştır. İlk olarak ana kriterler için Şekil 4’de görülen değer ağacı yapısı oluşturulmuştur. Sonraki aşamada her bir ana kriter önem sırasına göre matrise yerleştirilmiştir.

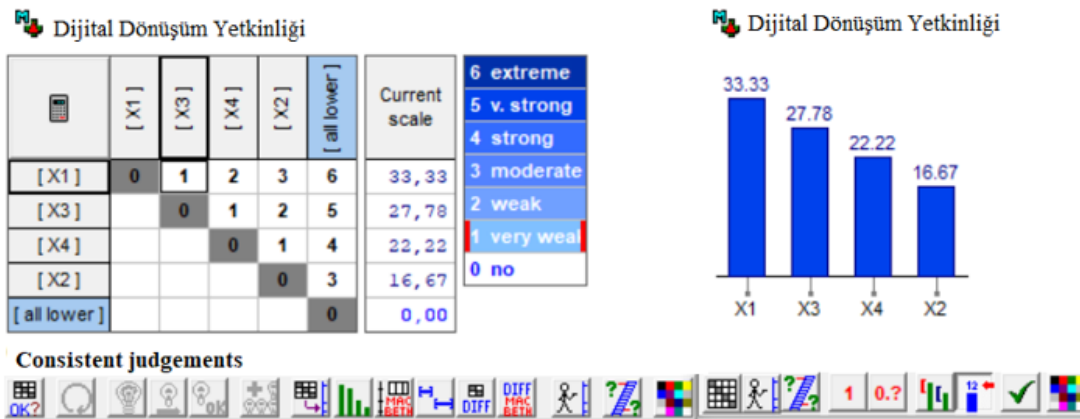


Şekil 4. Dijital dönüşüm yetkinliği değer ağacı yapısı (Value tree structure of digital transformation competency)

Tanımlanan kriterler önem derecesine göre soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru sıralandıktan sonra yöntemin 7 kategorili ölçek değerlerine göre ikili biçimde kıyaslanarak ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 5). Teknoloji kullanım seviyesi %33,33 ağırlık puanı ile dijital dönüşüm yetkinliğinin değerlendirilmesinde en önemli kriter olduğu görülmüştür. Onu sırasıyla personel alt yapısı (%27,75), yalın üretim uygulama seviyesi (%22,22) ve üretim yönetim araçları kullanım seviyesi (%14,67) takip etmiştir.

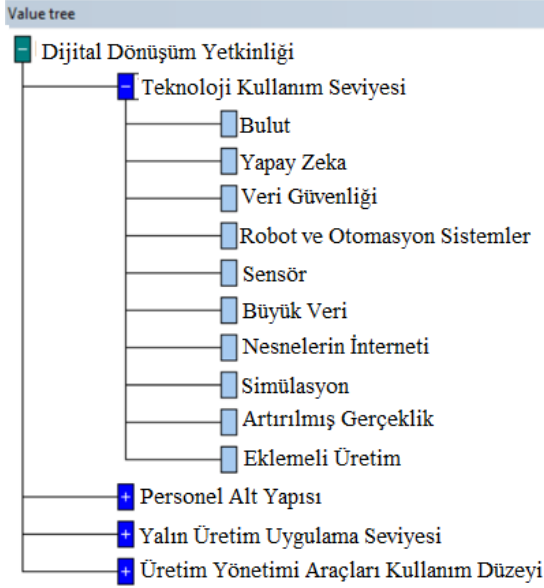
Ana kriter ağırlıkları belirlendikten sonra her bir ana kriterle ait alt kriterler için aynı işlemler tekrarlanarak M-MACHBETH programında değer ağacı yapısı oluşturulmuştur. Örnek olarak Şekil 6’da Teknoloji Kullanım Seviyesi ana kriterine ait alt kriterler için değer ağacı yapısı görülmektedir.

Dört ana kriter altında tanımlanan her bir alt kriter önem derecesine göre soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru sıralandıktan sonra yöntemin MACHBETH 7 kategorili ölçek değerlerine göre ikili biçimde kıyaslanarak ağırlıkları belirlenmiştir. Teknoloji kullanım seviyesi ana kriterine ait alt kriterlere ilişkin ağırlıklar Şekil 7’de Personel alt yapısına ana kriterine ait alt kriterlere ilişkin ağırlıklar Şekil



Şekil 5. Ana kriterler ağırlık matrisi (Main criteria weighting matrix)

8’de, yalın üretim uygulama seviyesi ana kriterine ait alt kriterlere ilişkin ağırlıklar Şekil 9’de, Üretim Yönetimi araçları kullanım seviyesine ait alt kriterlere ilişkin ağırlıklar Şekil 10’da verilmektedir.



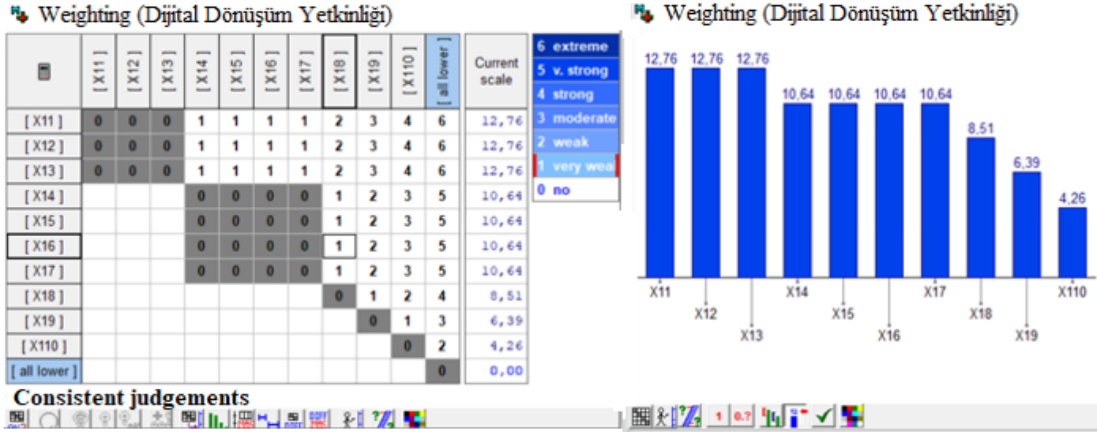
Şekil 6. Teknoloji kullanım seviyesi değer ağacı yapısı (Value tree structure of technology usage level)

Yargıların tutarlı olması çözümün doğru sonuç vermesi açısından çok önemlidir. M-MACBETH programı ile yargıların tutarlılığı kontrol edilerek girilen yargıların tutarlı oldukları belirlenmiştir. M-MACBETH yazılımı doğrusal programlama modelleri kullanarak sıralı performans seviyelerini uygun olan sayısal MACBETH ölçeğine dönüştürmüştür. Tüm ana kriter ve alt kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra etkilerinin birlikte hesaplamaya dahil edilmesi için Tablo 6’ deki gibi alt kriter ağırlıkları ana kriter ağırlıkları ile çarpılarak hesaplamalara dahil edilerek global kriter ağırlıkları belirlenmiştir.

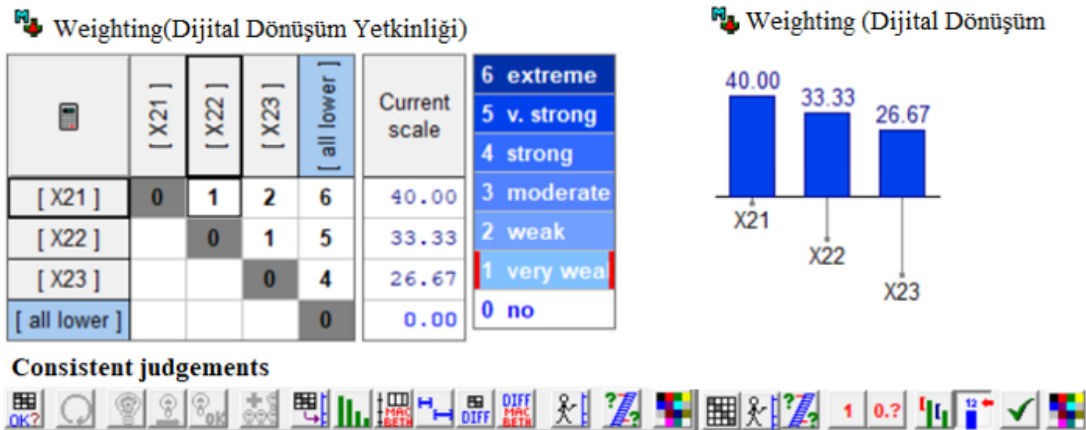
6.3. EDAS Yöntemi İle Dijital Dönüşüm Yetkinliğinin Sıralanması (Ranking of Digital Transformation Competency with EDAS Method)

Çalışma amacı için beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren yedi adet orta ölçekli firma seçilmiştir. Dijital dönüşüm yetkinliği değerlendirilecek firma sayısı 7’dir. Alternatiflere “En iyi” alternatifi de eklenmiştir. Bu kukla alternatif, dijital yetkinliği tam olan firmaların durumunu göstermek ve karşılaştırılacak firmaların durumunu kıyaslayabilmek ve yorumlayabilmek için değerlendirmeye dahil edilmiştir. Değerlendirmeye tabi tutulacak firmalara ait özellikler Tablo 7’de görülmektedir. Görüldüğü gibi firmalar uzun süredir beyaz eşya yan sanayinde faaliyette bulunmaktadır. İki tanesi büyük ölçekli firmadır. Beş tanesi orta ölçekli firmadır.

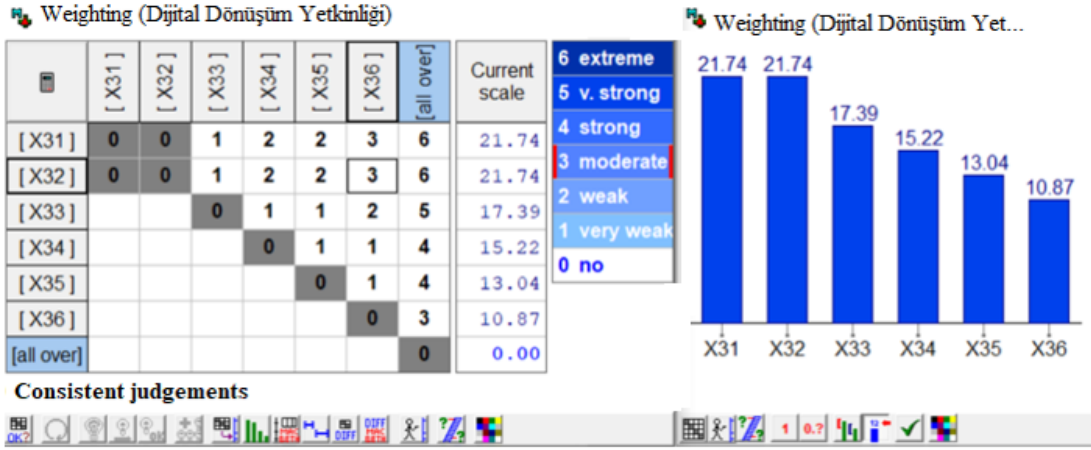
Değerlendirmeyi yapan firma yetkililerine ait bilgiler Tablo 8’de görülmektedir.



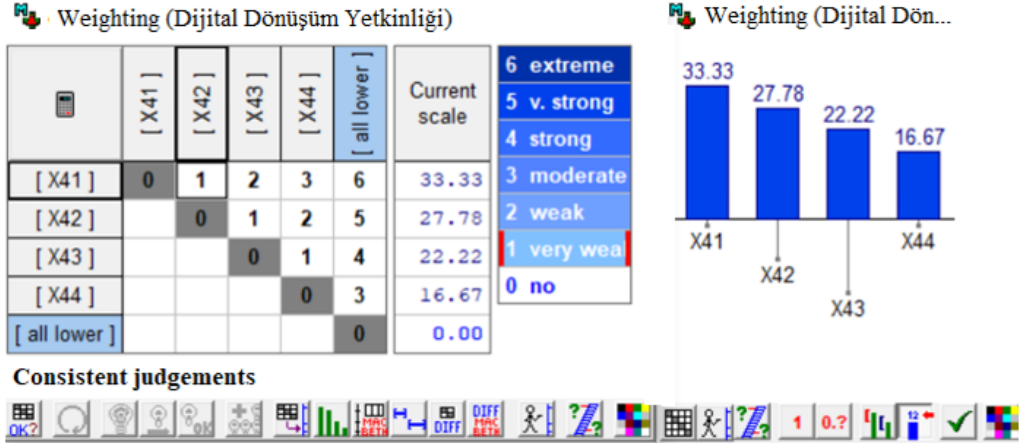
Şekil 7. Teknoloji kullanım seviyesi alt kriterlerine ait ağırlık matrisi (Weighting matrix of technology usage level sub-criteria)



Şekil 8. Personel Alt Yapısı Alt Kriterlerine ait Ağırlık Matrisi (Weighting matrix of personnel sub-structure’s sub-criteria)



Şekil 9. Yalın üretim uygulama seviyesi alt kriter ağırlık matrisi (Sub-criteria weighting matrix of lean manufacturing application level)



Şekil 10. Üretim yönetim araçları alt kriter ağırlık matrisi (Sub-criteria weighting matrix of production management tools)

Tablo 6. Global kriter ağırlıkları (Global criteria weights)

Teknoloji Kullanım Seviyesi Alt Kriterleri	Ağırlık	Personel Alt Yapısı Alt Kriterleri	Ağırlık	Yalın Üretim Uygulama Seviyesi Alt Kriterleri	Ağırlık	Üretim Yönetim Araçları Kullanım Seviyesi	Ağırlıklar
X11	0,0425	X21	0,1111	X31	0,0483	X41	0,0556
X12	0,0425	X22	0,0926	X32	0,0483	X42	0,0463
X13	0,0425	X23	0,0741	X33	0,0386	X43	0,037
X14	0,0355			X34	0,0338	X44	0,0278
X15	0,0355			X35	0,0290		
X16	0,0355			X36	0,0242		
X17	0,0355						
X18	0,0284						
X19	0,0213						
X110	0,0142						

Tablo 7. Alternatiflere ait bilgiler (Sample information)

Firma	Çalışan sayısı	Kuruluş yılı	Faaliyet Süresi (Yıl)	Ürettiği Ürünler
F1	240	1995	25	Beyaz eşya kapakları için menteşe, sac parçalar
F2	150	1982	38	Beyaz eşyalar için plastik enjeksiyon parçalar
F3	300	1993	27	Beyaz eşya grubu için fişli kablo
F4	250	1989	31	Bulaşık makinesi sepetler, soğutucu grupları için ızgara
F5	200	1988	32	Gazla çalışan cihazların ateşleme ve emniyet sistemi bileşenleri
F6	200	1979	41	Beyaz eşya grubu için kablo
F7	180	1994	26	Beyaz eşya fırın ve ocak grubu için yanma sistemleri

Beyaz eşya sektöründe yan sanayi olarak faaliyet gösteren 7 firmanın dijital dönüşüm yetkinliklerinin değerlendirilmesinde Tablo 9'da görülen değerlendirme ölçeği kullanılmıştır. Bu değerlendirme ölçeği bu çalışmaya özgü olarak TUSIAD raporundan [74] yararlanılarak ve uzman görüşleri alınarak geliştirilmiştir.

Firmaların kendi durumlarını değerlendirdikleri puanlamalar ile Tablo 10'da görülen karar matrisi oluşturulmuştur. "En iyi" alternatifinde tüm uygulamaların tam anlamıyla uygulandığı kabul edilerek her kriter için 5 puan verilmiştir. Eş. 9 kullanılarak AV değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler de Tablo 9'da görülmektedir.

Sonraki adımda ortalamadan pozitif uzaklık (PDA) Eş. 11 ve Eş. 13 yardımıyla, ve ortalamadan negatif uzaklık (NDA) Eş. 12 ve Eş. 14 yardımıyla hesaplanmıştır. PDA değerleri Tablo 11'de ve NDA değerleri Tablo 12'de gösterilmektedir. Daha sonra tüm alternatifler için Eş. 17 ve Eş. 18 kullanılarak ağırlıklı PDA ve NDA toplamları belirlenmiştir. Burada MACBETH yöntemi ile elde edilen Tablo 6'da gösterilen ağırlıklar kullanılmıştır.

Devamında SP ve SN değerleri Tablo 15'nin birinci ve ikinci sütununda görüldüğü gibi elde edilmiştir. Tüm alternatifler için SP ve

NP değerleri NSP ve NSN değerlerini elde etmek için Eş. 19 ve Eş. 20 kullanılarak normalize edilmiştir. Son olarak tüm alternatifler için AS değerleri Eş. 21 kullanılarak hesaplanmıştır. Dijital yetkinlik tam olarak sağlansaydı, "En iyi" alternatifinin değerinden de görüleceği üzere firmaların AS puanları 1,00 olacaktır. AS değerleri dikkate alınarak firmaların sıralaması Firma2>Firma1>Firma4>Firma3>Firma5>Firma6>Firma7 şeklindedir. En yüksek AS değerine sahip alternatif, diğer alternatifler arasında en iyisidir. Firma 2'nin en yüksek 0,545 AS değeri ile dijital dönüşüm yetkinliğinin konusunda en iyi firma olduğu görülmektedir. Firma 7'nin ise en az yetkinliğe sahip firma olduğu görülmektedir.

6.4. Bazı ÇKKV yöntemleriyle EDAS yönteminin sonuçlarının karşılaştırılması (Comparing EDAS results with various MCDM techniques)

EDAS yönteminin geçerli bir yöntem olduğunu göstermek amacıyla ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS, VIKOR ve SAW yöntemleri kullanılarak alternatifler tekrar sıralanmıştır. Bu yöntemlerin uygulama detaylarına [84] ve [85] numaralı kaynaklardan ulaşılabilir. TOPSIS yönteminin uygulama adımları detaylı bir şekilde aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 8. Değerlendirmeyi yapanlar ile ilgili demografik bilgiler (Demographic information about evaluators)

Firma	Firmadaki pozisyonu	Kaç yıldır firmada çalıştığı	Yaşı	Mesleği	Eğitim seviyesi
F1	Teknik Müdür	13	38	Endüstri Mühendisi	Lisans
F2	Genel Müdür	14	40	Elektrik Elektronik Mühendisi	Lisans
F3	R&D Manager	19	43	Makine Mühendisi	Lisans
F4	Üretim Müdürü	11	46	Elektrik Elektronik Mühendisi	Lisans
F5	Bilgi İşlem Müdürü	6	42	Bilgisayar Mühendisi	Lisans
F6	Proje Sorumlusu	5	34	Endüstri Mühendisi	Lisans
F7	Dijital dönüşüm Sorumlusu	8	35	Elektronik Mühendisi	Lisans

Tablo 9. Değerlendirme skalası (Evaluation scale)

Puan	Açıklama
1	Yok
2	Yok, ama konu hakkında farkındalık var
3	Pilot proje seviyesinde uygulanıyor
4	Bazı bölümlerde kullanılıyor.
5	Tüm bölümlerde uygulama mevcuttur.

Tablo 10. Karar matrisi ve AV değerleri (Decision matrix and AV values)

Kriter	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Firma 6	Firma 7	En iyi	AV
X ₁₁	2	3	2	4	2	2	2	5	2,750
X ₁₂	1	2	1	1	1	2	1	5	1,750
X ₁₃	5	5	4	4	5	4	2	5	4,250
X ₁₄	4	4	4	4	5	5	4	5	4,375
X ₁₅	3	4	4	3	3	3	2	5	3,375
X ₁₆	2	3	2	2	1	2	2	5	2,375
X ₁₇	2	3	2	2	2	4	2	5	2,750
X ₁₈	4	3	3	1	2	1	3	5	2,750
X ₁₉	2	2	1	1	1	1	2	5	1,875
X ₁₁₀	2	5	2	3	3	3	2	5	3,125
X ₂₁	3	5	3	4	3	2	1	5	3,250
X ₂₂	3	5	2	3	4	2	3	5	3,375
X ₂₃	2	5	2	3	2	3	2	5	3,000
X ₃₁	3	1	4	3	4	1	2	5	2,875
X ₃₂	4	4	4	5	2	4	2	5	3,750
X ₃₃	4	4	4	4	4	3	3	5	3,875
X ₃₄	3	2	3	2	5	4	2	5	3,250
X ₃₅	2	4	5	4	4	1	1	5	3,250
X ₃₆	5	5	4	5	5	5	2	5	4,500
X ₄₁	5	5	5	5	5	5	2	5	4,625
X ₄₂	4	2	2	2	1	3	1	5	2,500
X ₄₃	3	1	3	1	2	1	2	5	2,250
X ₄₄	1	2	4	1	2	1	2	5	2,250

Tablo 11. PDA değerleri matrisi (PDA values matrix)

Kriter	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Firma 6	Firma 7	En iyi	wi
X ₁₁	0,000	0,091	0,000	0,455	0,000	0,000	0,000	0,818	0,043
X ₁₂	0,000	0,143	0,000	0,000	0,000	0,143	0,000	1,857	0,043
X ₁₃	0,176	0,176	0,000	0,000	0,176	0,000	0,000	0,176	0,043
X ₁₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,143	0,143	0,000	0,143	0,036
X ₁₅	0,000	0,185	0,185	0,000	0,000	0,000	0,000	0,481	0,036
X ₁₆	0,000	0,263	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,105	0,036
X ₁₇	0,000	0,091	0,000	0,000	0,000	0,455	0,000	0,818	0,036
X ₁₈	0,455	0,091	0,091	0,000	0,000	0,000	0,091	0,818	0,028
X ₁₉	0,067	0,067	0,000	0,000	0,000	0,000	0,067	1,667	0,021
X ₁₁₀	0,000	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600	0,014
X ₂₁	0,000	0,538	0,000	0,231	0,000	0,000	0,000	0,538	0,111
X ₂₂	0,000	0,481	0,000	0,000	0,185	0,000	0,000	0,481	0,093
X ₂₃	0,000	0,667	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,667	0,074
X ₃₁	0,043	0,000	0,391	0,043	0,391	0,000	0,000	0,739	0,048
X ₃₂	0,067	0,067	0,067	0,333	0,000	0,067	0,000	0,333	0,048
X ₃₃	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,000	0,000	0,290	0,039
X ₃₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,538	0,231	0,000	0,538	0,034
X ₃₅	0,000	0,231	0,538	0,231	0,231	0,000	0,000	0,538	0,029
X ₃₆	0,111	0,111	0,000	0,111	0,111	0,111	0,000	0,111	0,024
X ₄₁	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,000	0,081	0,056
X ₄₂	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000	1,000	0,046
X ₄₃	0,333	0,000	0,333	0,000	0,000	0,000	0,000	1,222	0,037
X ₄₄	0,000	0,000	0,778	0,000	0,000	0,000	0,000	1,222	0,028

Tablo 12. NDA değerleri matrisi (NDA values matrix)

Kriter	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Firma 6	Firma 7	En iyi	wi
X ₁₁	0,273	0,000	0,273	0,000	0,273	0,273	0,273	0,000	0,043
X ₁₂	0,429	0,000	0,429	0,429	0,429	0,000	0,429	0,000	0,043
X ₁₃	0,000	0,000	0,059	0,059	0,000	0,059	0,529	0,000	0,043
X ₁₄	0,086	0,086	0,086	0,086	0,000	0,000	0,086	0,000	0,036
X ₁₅	0,111	0,000	0,000	0,111	0,111	0,111	0,407	0,000	0,036
X ₁₆	0,158	0,000	0,158	0,158	0,579	0,158	0,158	0,000	0,036
X ₁₇	0,273	0,000	0,273	0,273	0,273	0,000	0,273	0,000	0,036
X ₁₈	0,000	0,000	0,000	0,636	0,273	0,636	0,000	0,000	0,028
X ₁₉	0,000	0,000	0,467	0,467	0,467	0,467	0,000	0,000	0,021
X ₁₁₀	0,360	0,000	0,360	0,040	0,040	0,040	0,360	0,000	0,014
X ₂₁	0,077	0,000	0,077	0,000	0,077	0,385	0,692	0,000	0,111
X ₂₂	0,111	0,000	0,407	0,111	0,000	0,407	0,111	0,000	0,093
X ₂₃	0,333	0,000	0,333	0,000	0,333	0,000	0,333	0,000	0,074
X ₃₁	0,000	0,652	0,000	0,000	0,000	0,652	0,304	0,000	0,048
X ₃₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,467	0,000	0,467	0,000	0,048
X ₃₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,226	0,226	0,000	0,039
X ₃₄	0,077	0,385	0,077	0,385	0,000	0,000	0,385	0,000	0,034
X ₃₅	0,385	0,000	0,000	0,000	0,000	0,692	0,692	0,000	0,029
X ₃₆	0,000	0,000	0,111	0,000	0,000	0,000	0,556	0,000	0,024
X ₄₁	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,568	0,000	0,056
X ₄₂	0,000	0,200	0,200	0,200	0,600	0,000	0,600	0,000	0,046
X ₄₃	0,000	0,556	0,000	0,556	0,111	0,556	0,111	0,000	0,037
X ₄₄	0,556	0,111	0,000	0,556	0,111	0,556	0,111	0,000	0,028

Tablo 13. Ağırlıklı PDA matrisi (Weighted PDA matrix)

Kriter	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Firma 6	Firma 7	En iyi
X ₁₁	0,273	0,000	0,273	0,000	0,273	0,273	0,273	0,000
X ₁₂	0,429	0,000	0,429	0,429	0,429	0,000	0,429	0,000
X ₁₃	0,000	0,000	0,034	0,034	0,000	0,034	0,517	0,000
X ₁₄	0,067	0,067	0,067	0,067	0,000	0,000	0,067	0,000
X ₁₅	0,045	0,000	0,000	0,045	0,045	0,045	0,364	0,000
X ₁₆	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	0,000
X ₁₇	0,176	0,000	0,176	0,176	0,176	0,000	0,176	0,000
X ₁₈	0,000	0,000	0,000	0,588	0,176	0,588	0,000	0,000
X ₁₉	0,000	0,000	0,300	0,300	0,300	0,300	0,000	0,000
X ₁₁₀	0,300	0,000	0,300	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000
X ₂₁	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
X ₂₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
X ₂₃	0,263	0,000	0,263	0,000	0,263	0,000	0,263	0,000
X ₃₁	0,000	0,611	0,000	0,000	0,000	0,611	0,222	0,000
X ₃₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,440	0,000	0,440	0,000
X ₃₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,192	0,192	0,000
X ₃₄	0,000	0,333	0,000	0,333	0,000	0,000	0,333	0,000
X ₃₅	0,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,667	0,667	0,000
X ₃₆	0,000	0,000	0,097	0,000	0,000	0,000	0,548	0,000
X ₄₁	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,563	0,000
X ₄₂	0,000	0,067	0,067	0,067	0,533	0,000	0,533	0,000
X ₄₃	0,000	0,462	0,000	0,462	0,000	0,462	0,000	0,000
X ₄₄	0,462	0,000	0,000	0,462	0,000	0,462	0,000	0,000
Toplam	0,076	0,221	0,087	0,078	0,082	0,055	0,004	0,662

Tablo 14. Ağırlıklı NDA matrisi (Weighted NDA matrix)

Kriter	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Firma 6	Firma 7	En iyi
X ₁₁	0,012	0,000	0,012	0,000	0,012	0,012	0,012	0,000
X ₁₂	0,018	0,000	0,018	0,018	0,018	0,000	0,018	0,000
X ₁₃	0,000	0,000	0,003	0,003	0,000	0,003	0,023	0,000
X ₁₄	0,003	0,003	0,003	0,003	0,000	0,000	0,003	0,000
X ₁₅	0,004	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,014	0,000
X ₁₆	0,006	0,000	0,006	0,006	0,021	0,006	0,006	0,000
X ₁₇	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000
X ₁₈	0,000	0,000	0,000	0,018	0,008	0,018	0,000	0,000
X ₁₉	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000
X ₁₁₀	0,005	0,000	0,005	0,001	0,001	0,001	0,005	0,000
X ₂₁	0,009	0,000	0,009	0,000	0,009	0,043	0,077	0,000
X ₂₂	0,010	0,000	0,038	0,010	0,000	0,038	0,010	0,000
X ₂₃	0,025	0,000	0,025	0,000	0,025	0,000	0,025	0,000
X ₃₁	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,032	0,015	0,000
X ₃₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,023	0,000
X ₃₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,009	0,000
X ₃₄	0,003	0,013	0,003	0,013	0,000	0,000	0,013	0,000
X ₃₅	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000
X ₃₆	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000
X ₄₁	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
X ₄₂	0,000	0,009	0,009	0,009	0,028	0,000	0,028	0,000
X ₄₃	0,000	0,021	0,000	0,021	0,004	0,021	0,004	0,000
X ₄₄	0,015	0,003	0,000	0,015	0,003	0,015	0,003	0,000
Toplam	0,130	0,080	0,151	0,140	0,173	0,229	0,330	0,000

Öncelikli olarak Tablo 9'da yer alan karar matrisi normalleştirilmiştir. Normalleştirilmiş karar matrisi Tablo 16'da görülmektedir.

Sonraki adımda, normalleştirilmiş karar matrisi MACBETH yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı karar matrisi oluşturulmuştur. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi Tablo 17'de görülmektedir.

Sonraki adımda Eş. 24 ve 25 yardımıyla Tablo 18'de görülen pozitif ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) sayılar bulunmuştur.

Devamında Eş. 26 ve 27 yardımıyla pozitif ideal çözüme uzaklık (S^*) ve negatif ideal çözüme uzaklık (S^-) değerleri hesaplanmıştır. Son olarak da Eş.28 kullanılarak ideal çözüme göreli yakınlık (C^*) hesaplanmıştır. S^* , S^- ve C^* değerleri Tablo 19'da görülmektedir.

EDAS, TOPSIS, VIKOR ve SAW yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen sıralamalar Tablo 21'da birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Şekil 10'da ana başlıklar bazında araştırmaya dahil olan firmaların genel durumu görülmektedir. Tüm kriterler birlikte değerlendirildiğinde, firmaların genel olarak dijital dönüşüm için yolun çok başında oldukları, özellikle Endüstri 4.0 teknolojileri konusunda farkındalık seviyesinde ya da pilot uygulama aşamasında olduğu söylenebilir.

6.4. Yönetimsel Değerlendirme (Administrative Evaluation)

Beyaz eşya sektörü Türkiye ekonomisinin lokomotif sektörlerinden biridir ve Türkiye'nin dijital olgunluk seviyesi en yüksek

Tablo 15.EDAS metodunun sonuçları (Results of EDAS method)

	SP	NP	NSP	NSN	AS	Sıralama
Firma 1	0,076	0,130	0,114	0,606	0,360	2
Firma 2	0,221	0,080	0,334	0,756	0,545	1
Firma 3	0,087	0,151	0,131	0,541	0,336	4
Firma 4	0,078	0,140	0,118	0,575	0,347	3
Firma 5	0,082	0,173	0,124	0,475	0,299	5
Firma 6	0,055	0,229	0,083	0,305	0,194	6
Firma 7	0,004	0,330	0,006	0,000	0,003	7
En iyi	0,662	0,000	1,000	1,000	1,000	-

Tablo 16. Normalleştirilmiş edilmiş karar matrisi (Normalized decision matrix)

	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	...	X41	X42	X43	X44
Firma 1	0,239	0,162	0,406	0,321	0,305	0,270	0,239	0,465	...	0,374	0,500	0,408	0,134
Firma 2	0,359	0,324	0,406	0,321	0,406	0,405	0,359	0,349	...	0,374	0,250	0,136	0,267
Firma 3	0,239	0,162	0,324	0,321	0,406	0,270	0,239	0,349	...	0,374	0,250	0,408	0,535
Firma 4	0,478	0,162	0,324	0,321	0,305	0,270	0,239	0,116	...	0,374	0,250	0,136	0,134
Firma 5	0,239	0,162	0,406	0,402	0,305	0,135	0,239	0,232	...	0,374	0,125	0,272	0,267
Firma 6	0,239	0,324	0,324	0,402	0,305	0,270	0,478	0,116	...	0,374	0,375	0,136	0,134
Firma 7	0,239	0,162	0,162	0,321	0,203	0,270	0,239	0,349	...	0,149	0,125	0,272	0,267
En iyi	0,598	0,811	0,406	0,402	0,508	0,674	0,598	0,581	...	0,374	0,625	0,680	0,668
W_{ij}	0,043	0,043	0,043	0,036	0,036	0,036	0,036	0,028	...	0,056	0,046	0,04	0,028

Tablo 17. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (Weighted normalized decision matrix)

	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	...	X41	X42	X43	X44
Firma 1	0,010	0,007	0,017	0,011	0,011	0,010	0,008	0,013	...	0,021	0,023	0,015	0,004
Firma 2	0,015	0,014	0,017	0,011	0,014	0,014	0,013	0,010	...	0,021	0,012	0,005	0,007
Firma 3	0,010	0,007	0,014	0,011	0,014	0,010	0,008	0,010	...	0,021	0,012	0,015	0,015
Firma 4	0,020	0,007	0,014	0,011	0,011	0,010	0,008	0,003	...	0,021	0,012	0,005	0,004
Firma 5	0,010	0,007	0,017	0,014	0,011	0,005	0,008	0,007	...	0,021	0,006	0,010	0,007
Firma 6	0,010	0,014	0,014	0,014	0,011	0,010	0,017	0,003	...	0,021	0,017	0,005	0,004
Firma 7	0,010	0,007	0,007	0,011	0,007	0,010	0,008	0,010	...	0,008	0,006	0,010	0,007
En iyi	0,025	0,034	0,017	0,014	0,018	0,024	0,021	0,017	...	0,021	0,029	0,025	0,019

Tablo 18. Ideal ve Negatif ideal sayılar (Ideal and negative ideal numbers)

	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	...	X41	X42	X43	X44
A^*	0,025	0,034	0,017	0,014	0,018	0,024	0,021	0,017	...	0,021	0,029	0,025	0,019
A^-	0,010	0,007	0,007	0,011	0,007	0,005	0,008	0,003	...	0,008	0,006	0,005	0,004

sektörlerinden biridir. Özellikle sektördeki Arçelik, Vestel gibi ana üretici firmalar Endüstri 4.0 uygulamalarında önde gelen firmalardandır. Görüldüğü gibi beyaz eşya sektörü Türkiye ekonomisi açısından önemli sektörlerden biridir. Daha önce de bahsedildiği gibi Endüstri 4.0 son yıllarda yaşanan en büyük değişimlerden biridir ve beyaz eşya sektörü de dünya çapında rekabet edebilmek ve gücünü korumak için bu değişime uyum sağlamalıdır. Bu çalışmada beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren yan sanayi/ tedarikçi firmalarında gerçekleştirilmiştir. Sektörde lider konumun korunması için firmaların en büyük destekçileri olan tedarikçilerin de dünyadaki değişimlere uyum sağlaması gerekir. Bu kapsamda değerlendirmeye dahil olan firmalar özelinde, bu çalışmadan elde sonuçlara göre beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren tedarikçilerin Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm sürecinin başında oldukları, Endüstri 4.0 uygulamalarının pilot çalışma düzeyinde olduğu, ancak dijital dönüşüm yolculuğuna başladıkları görülmektedir.

Tablo 19. S*, S⁻ ve C* değerleri (S*, S⁻ and C* values)

	S*	S ⁻	C*	Sıralama
Firma1	0,061	0,039	0,395	3
Firma2	0,049	0,065	0,570	1
Firma3	0,064	0,040	0,384	5
Firma4	0,060	0,046	0,432	2
Firma5	0,065	0,041	0,385	4
Firma6	0,071	0,029	0,293	6
Firma7	0,081	0,014	0,151	7
En iyi	0,000	0,087	1,000	0,087

Yan sanayi firmaları/tedarikçiler genellikle KOBİ özelliğinde olduklarından dolayı, bilgi ve özellikle uzmanlık açısından eksik olabilirler. Bu yüzden bu firmaların Endüstri 4.0 yolculuklarında ana sanayi firmaları tarafından desteklenmeye ve ana sanayi firmalarının rehberliğine ihtiyaç duymaktadırlar. KOBİ'lerin Endüstri 4.0 ile uyumlu iş modellerini benimsemeleri için motive edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. KOBİ'ler Endüstri 4.0 konusunda farkındalık yaratarak, Endüstri 4.0'a geçişi uzun vadeli hedefler olarak değerlendirmeli ve bunun için yeterli kaynak ayrımalıdır. Süreci kısaltmak için firmalar Endüstri 4.0 yolculuğunda bu konuda uzman kurum ve kuruluşlardan danışmanlık hizmeti alabilirler. KOBİ'ler, etik ve sürdürülebilir uygulamalar için Endüstri 4.0 teknolojilerini farklı üretim süreçleriyle entegre etmelidir ve bu entegrasyon firma stratejilerinin bir parçası olmalıdır. Böylece bir yandan KOBİ'ler için kaynaklar daha optimum kullanılırken, diğer taraftan değişen Pazar gereksinimlerine daha kolay cevap verebilir konuma geçebileceklerdir.

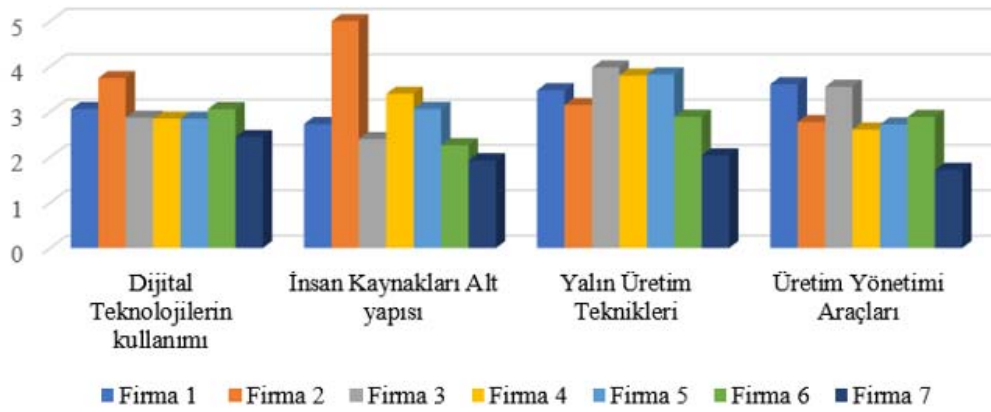
Bu çalışma Endüstri 4.0 yolculuğuna başlayacak firmalara yol gösterici olabilir. Çünkü bu çalışma firmaların mevcut uygulamalarını Endüstri 4.0 bakışıyla değerlendirebilmelerine yol gösterebilir. Sadece beyaz eşya sektöründe değil diğer sektörlerde yer alan firmalara da yardımcı olabilir.

7. Sonuçlar ve Tartışmalar (Conclusions and Discussions)

Türkiye'de beyaz eşya sektörü, diğer sektörlerle oranla Arçelik, Vestel gibi yerli markaları ile hem yurt içi hem yurt dışında daha fazla rekabet edebilen bir sektördür. Ana üreticiler ve onları destekleyen yan sanayileri ile ihracata katkıda bulunan önemli bir üretim alanıdır. Bu nedenle Türkiye'de dijital dönüşüm konusunda başı çekecek

Tablo 20. EDAS sonuçlarının TOPSIS, VIKOR, SAW sonuçları ile karşılaştırılması (Comparing EDAS results with TOPSIS, VIKOR, SAW results)

	EDAS		TOPSIS		VIKOR		SAW	
	AS	Sıralama	C*	Sıralama	Qj	Sıralama	Vi	Sıralama
Firma1	0,360	2	0,395	3	3,522	4	0,613	3
Firma2	0,545	1	0,570	1	2,322	1	0,738	1
Firma3	0,336	4	0,384	5	4,045	5	0,604	5
Firma4	0,347	3	0,432	2	3,153	2	0,621	2
Firma5	0,299	5	0,385	4	3,459	3	0,605	4
Firma6	0,194	6	0,293	6	4,179	6	0,540	6
Firma7	0,003	7	0,151	7	5,328	7	0,403	7
En iyi	1,000	-	1,000	-	1,000	-	1,007	-



Şekil 11. Dijital dönüşüm yetkinlik değerlendirmesi (Digital transformation competency assessment)

sektörler arasında sayılabilir. Beyaz eşya ana üreticileri hem üretim alanında hem de ürünler konusunda dijital dönüşüm ile ilgili çalışmalara başlamıştır. Henüz konsept aşamasında olsa da son birkaç yıldır akıllı ev aletleri fuarlarında tanıtılmaya başlanmıştır. Kullanıcıların cep telefonları aracılığı ile buzdolabında hangi ürünlerin ne seviyede olduğunu görebileceği ve içeride bulunan malzemeler ile hangi yemeklerin yapılabileceği konusunda öneri sunan akıllı ev aletlerinin olacağı bir çağa doğru ilerlenmektedir. Türkiye'nin en büyük beyaz eşya markalarından biri olan Arçelik Endüstri 4.0 konseptine uygun akıllı üretim fabrikasını kurmak için geçtiğimiz yıllarda yatırım yapmaya başlamıştır. Ana beyaz eşya üreticileri dijital dönüşüm konusunda büyük adımlar atarken tedarikçilerinin de aynı paralelde adımlar atması bu yolculuğun başarılı bir şekilde tamamlanmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden olan MACHBETH ve EDAS yöntemlerine dayanan hibrit bir ÇKKV yaklaşımı kullanılarak dijital dönüşüm konusunda yetkinlik seviyelerinin belirlenmesi için seçilen yedi firma üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu açıdan dijital yetkinlik düzeylerine göre firmaların sıralanmasında MACHBETH-EDAS bütünlük yöntemlerinin uygulandığı ilk çalışmalardan biri olması ile literatüre önemli bir katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Çalışmada kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde MACBETH, firmaların değerlendirilmesinde de EDAS yöntemleri kullanılmıştır. EDAS yöntemine göre bir firmanın dijital dönüşüm yetkinlik durumunun tam olduğu durumda AD değeri 1,00 olacaktır, dijital yetkinlik durumunun hiç olmadığı durum için ise AD değeri 0,00 olacaktır. Firmaların dijital yetkinlik durumlarını tam olarak değerlendirmek ve karşılaştırma yapmak için alternatiflere "En iyi" seçeneği eklenmiş ve bu alternatifin dijital yetkinlik durumunun tam olduğu kabul edilmiştir ve AS değeri 1,00 olarak hesaplanmıştır. Alternatifler için dijital dönüşüm konusunda en iyi durumda olan Firma2'nin AS değerinin 0,545 olduğu belirlenmiştir. 1,00 değeri ile karşılaştırıldığında bu değer orta bir değer olduğu görülmüştür. Bu değer şu anlama gelmektedir. Firma dijital dönüşümün farkındadır. Pilot projelerle dijital dönüşüm uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Firma7'nin AS değeri 0'a çok yakın bir değerdir. Bu firmada dijital dönüşüm uygulamaları yoktur.

Dijital teknolojilerin uygulanması konusunda farkındalık olduğu ve birçoğunun pilot uygulama seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Robot ve otomasyon sistemlerin uygulanması konusunda firmaların ileri seviyede olduğu görülmüştür. Bu durum firmalarda üretim şeklinin emek yoğun üretimden otomasyon sistemlere doğru büyük oranda dönüştüğünü göstermektedir. Ayrıca veri güvenliği konusunda da firmaların genelde iyi durumda oldukları görülmüştür. Diğer konularda ise yeterli seviyede olmadıkları görülmüştür. Dijital Dönüşüm için gerekli olan yetkin personel alt yapısı açısından firmaların çoğu henüz pilot proje yapabilecek personel alt yapısına sahip olduğu ancak personel yetkinliğini artırma ve yeni istihdam için insan kaynakları politikaları konusunda pilot proje çalışması seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Yalın üretim uygulamaları konusunda firmaların diğer kriterlere göre daha iyi durumda oldukları görülmektedir. Üretim yönetim araçları kullanımı açısından firmaların dönüşüm için önemli bir ölçüt olan ERP sistemlerini tam entegre olarak kullandıkları ve MES, akıllı depo, EDI gibi sistemler konusunda kullanım seviyesi ortalama olarak pilot proje uygulama seviyesinde oldukları belirlenmiştir.

Bu çalışma küçük bir örnek üzerinde gerçekleştirilmesine rağmen elde edilen bulgular oldukça yol göstericidir ve bulgular Eskişehir sanayi odası tarafından 2019 yılında gerçekleştirilen "Beyaz Eşya Yan Sanayi Kümelmesi Ur-Ge Projesi İhtiyaç Analizi Sonuç Raporu"nda elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre firmaların Dijital dönüşümün daha başında oldukları söylenebilir. Dijital dönüşüm yetkinlik durumu değerlendirildiğinde işletmelerin Endüstri 4.0 farkındalığında oldukları ama uygulama seviyesi olarak birçok konuda pilot çalışma seviyesinde oldukları görülmüştür. Bu rapora göre büyük üreticilerin başta Endüstri 4.0 olmak üzere eğilimlere ve gelişmelere önemli ölçüde yatırım ve hazırlık yaptıkları, ancak tedarikçiler açısından dijital dönüşüm süreçlerine uyum açısından durumun pek iç açıcı olmadığı ifade edilmiştir. Sektörün genelini oluşturan KOBİ'lerde dijital dönüşümün altyapıda köklü değişiklikler yapılmasını gerektirdiği ve daha hazır olan veya yeni kurulan firmalar için süreç hazır hale gelmenin daha kolay olduğu sitelerine sıkışmış firmalar için durumun zor olduğu belirtilmiştir. Yan sanayide Endüstri 4.0 gerekleri konusunda önemli bilgi eksiklikleri bulunduğu; dijitalleşme konusunda farkındalığın düşük olduğu ve buna bağlı olarak altyapı yatırımlarının az olduğu tespit edilmiştir [8]. Türkiye'de yapılan çalışmalar incelendiğinde ise hem teorik hem de uygulamalı çalışmaların çok az sayıda olduğu belirlenmiştir. Örneğin Temur, Bolat ve Gözlü Türk şirketlerinin Endüstri 4.0 uyum sürecindeki algıları, farkındalıkları ve hazır olma durumlarını ele alan üç vakayı (tekstil, inşaat ve tel üretimi) değerlendirerek katkı sağlamışlardır [50]. Demircan, Keskin, Kaymaz ve Soyuer Türkiye'de hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin Endüstri 4.0'a organizasyonel hazırlık düzeyi değerlendirmiştir [35]. Tükyılmaz ve Cebeci tedarikçilerin dijital olgunluk seviyelerini değerlendirmiştir [37]. Baki ve Serdar Lojistik sektöründe Endüstri 4.0 olgunluk düzeyini değerlendirmişlerdir [51]. Akdil, Üstündağ ve Çevikcan mevcut Endüstri 4.0 olgunluk modellerini inceleyerek yeni bir model önermişlerdir [78]. Bu çalışmalara incelendiğinde Endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin değerlendirildiği görülmektedir. Bu çalışmada ise beyaz eşya sektöründe yer alan firmaların dijital dönüşüme başlamak için yeterli yetkinliğe sahip olup olmadıkları değerlendirilmiştir. Bu açıdan literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışma hem Türkiye kaynaklı literatürün genişletilmesine de katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, ÇKKV yöntemleri ile firmaların dijital yetkinlik/olgunluk seviyelerini inceleyen az sayıda olduğu görülmüştür. Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde TOPSIS [2], MOORA [2], VIKOR [2], AHP-VIKOR [35, 51], AHP-TOPSIS [51], COPRAS [52] yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu açıdan, bu çalışmanın dijital dönüşüm yetkinlik düzeylerine göre firmaların sıralanmasında MACHBETH-EDAS bütünlük yönteminin uygulandığı ilk çalışmalardan biri olmasından dolayı literatüre önemli bir katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Çalışmada kullanılan EDAS yönteminin dijital yetkinlik değerlendirmesi problemine uygun olduğunu ve yöntemin geçerliliğini değerlendirmek üzere alternatiflerin çeşitli ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırma yöntemi olarak, ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS, VIKOR ve SAW yöntemleri kullanılarak dijital yetkinlik değerlendirmesi için yedi alternatif değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırma sonucunda EDAS yönteminin dijital yetkinlik değerlendirme probleminde iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Karşılaştırma sonuçları Tablo 22'de görüldüğü gibi

Tablo 22. Spearman rho korelasyon katsayısı değerleri (Values of Spearman's correlation coefficient)

		EDAS	TOPSIS	VIKOR	SAW
EDAS	Spearman rho	1,000	,929**	,821*	,929**
	Önem (çift kuyruk)	.	,003	,023	,003

**Korelasyon 0,001 seviyesinde anlamlı

*Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlı

Spearman korelasyon katsayısı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz, önerilen ÇKKV yönteminin farklı kriter ağırlıklarında kararlı olduğunu ve diğer yöntemlerle iyi uyumlu olduğunu göstermektedir.

Bu durumda EDAS yöntemi ile elde edilen sonuçlarının yaygın kullanılan ÇKKV yöntemi olan TOPSIS, VIKOR ve SAW yöntemleri ile tutarlı sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Bu çalışmanın dijital dönüşüm konusunda çalışma yapacak firmalara dijital dönüşüm için gerekli olan unsurlar konusunda eksik olduğu noktaları göstermek açısından faydalı bir çalışma olduğu söylenebilir. Küçük bir kitle üzerinde uygulama yapılmakla birlikte kapsam genişletilerek daha fazla sayıda örnek üzerinde uygulama yapılabilir. Ayrıca, gelecek çalışmalarda Türk beyaz eşya sektörünün beyaz eşya üretim ve ihracatında rakipleri konumundaki Çin, Meksika ve Almanya gibi ülkelerin beyaz eşya sektörlerinin Endüstri 4.0 yetkinlik seviyeleri ile karşılaştırma yapılarak, sonuçları değerlendirilebilir. Bu çalışma farklı sektörlerde gerçekleştirilecek olan akademik çalışmalara da ilham olabilir ve benzeri çalışmalar başka sektörlerde de gerçekleştirilebilir.

Kaynaklar (References)

- Özkan M., Al A., Yavuz, S., Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü sanayi endüstri devrimi'nin etkileri ve Türkiye, Marmara University Journal of Political Science, 6 (4), 126-156, 2018.
- Brodny J., Tutak M., Assessing the level of digital maturity of Enterprises in the Central and Eastern European Countries using the MCDM and Shannon's Entropy methods, PLoS ONE, 16 (7), e0253965, 2021.
- Pacchini A.P.T., Lucato W.C., Facchini F., Mummolo G., The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0, Computers in Industry, 113, 103125, 2019.
- Kiraz A., Canpolat O., Özkurt C., Taşkın H., Sarp E., Examination of the criteria affecting Industry 4.0 with structural equation model and a pilot study, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (4), 2183-2196, 2020.
- Sağbaş A., Gülseren A., Endüstri 4.0 Perspektifinde Sanayide Dijital Dönüşüm ve Dijital Olgunluk Seviyesinin Değerlendirilmesi, European Journal of Engineering and Applied Sciences, 2 (2), 1 – 5, 2019.
- BCG, Smart Manufacturing in Turkey, South-East European Industrial Market, 2, 10-12, 2018. <https://www.see-industry.com/en/smart-manufacturing-in-turkey/2/1703/>. Yayın tarihi Temmuz, 2018. Erişim tarihi Kasım 18, 2020.
- TUSIAD-BCG, Küresel Rekabet için Zorunluluk Olarak Türkiye'de Endüstri 4.0 - Gelişmekte Olan Pazar Perspektifi. Mart 2016 Yayın No: TUSIAD-T/2016-03/576, ISBN: 978-605-165-016-6, 2016.
- Eskişehir Sanayi Odası (ESO) ESO Beyaz Eşya Yan Sanayi Kümelenmesi Ur-Ge Projesi İhtiyaç Analizi Sonuç Raporu, <https://www.eso.org.tr/storage/file/b6873e1413d1471a804a7506fb580e-d5.pdf>. Yayın tarihi Kasım 12, 2019. Erişim tarihi Kasım 18, 2020
- TURKBESD, Beyaz Eşya Sektör Raporu, Geleceği Bugün Şekillendirmek, <http://www.turkbese.org/userfiles/files/T%C3%9CRKBESD%20Beyaz%20E%C5%9Fya%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%20.pdf>. Yayın tarihi Ocak, 2021. Erişim tarihi Şubat 15, 2021.
- Zhou K., Liu T., Zhou, L., Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges, 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD2015), Zhangjiajie, 2015, pp. 2147-2152, 2015.
- Fırat P. D., Fırat O. Z., 2017, Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye, Toprak İşveren Dergisi, 114, 10- 23, 2017
- Kurtulmuş Kosif F., Kurumların Dijital Dönüşüm Süreçlerinin İncelenmesi: Bir Sağlık Kurumu İçin Öneri. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enformatik Anabilim Dalı, 2019.
- Dorst W., Glohr C., Hahn T., Knafla F., Loewen U., Rosen R., Schiemann T., Vollmar F., Winterhalter C., Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0, 2015.
- Schuh G., Potente T., Wesch-Potente C., Weber A.R., Prote J-P., Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0, Procedia CIRP, 19, 51-56, 2014.
- Mario H., Tobias P., Boris O., Design principles for Industrie 4.0 scenarios, 49th Hawaii International Conference on System Sciences (IEEE), 3928-3937, 2017.
- Schmidt R., Möhring M., Härting RC., Reichstein C., Neumaier P., Jozinović P., Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. In: Abramowicz W. (eds) Business Information Systems. BIS 2015. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 208. Springer, Cham. 2015
- Zeulka F., Marcon P., Vesely I., Sajdl, O., Industry 4.0 – an introduction in the phenomenon. IFAC-PapersOnLine, 49, 8-12, 2016.
- Roblek V., Mesko M., Krapez A., A complex view of industry 4.0. SAGE Open, 6, 2016.
- Hess T., Matt C., Benlian A., Wiesboeck F., Options for formulating a digital transformation strategy., MIS Quart. Execut. 15 (2), 123–139, 2016.
- Demirkan H., Spohrer J.C., Welsch J.J., Digital innovation and strategic transformation. IT Prof. 18 (6), 14–18, 2016.
- Berghaus S., Back A., Stages in digital business transformation: Results of an empirical maturity study. Mediterranean Conference of Information Systems, Cyprus, 2016
- Chanas S., Mastering digital transformation: the path of a financial services provider towards a digital transformation strategy, In: European Conference of Information Systems, Guimaraes, Portugal, 16–31, 2017.
- Morakanyane R., Grace A.A., O'Reilly P., Conceptualizing digital transformation in business organizations: a systematic review of literature, In: Bled e Conference, Bled, Slovenia, pp. 427–444. Mueller, B., Renken, U., 2017.
- Andriole S. J., Skills and Competencies for Digital Transformation, in IT Professional, 20 (6), 78-81, 1 Nov.-Dec. 2018.
- BCG Consulting, The Nine Technologies Driving Industry 4.0, <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4-0-rediscovering-growth> Erişim tarihi Aralık 18, 2020
- Chanas S., Hess, T., How digital are we? Maturity models for assessment of a company's status in digital transformation. LMU Munich Management Report 2/2016. Munich_ Munich School of Management, 2016.
- Teichert R., Digital Transformation Maturity: A Systematic Review of Literature. Acta Univ. Agric. Silv. Mendelianae Brun., 67, 1673-1687, 2019.
- Berghaus S., Back A., Stages in Digital Business Transformation: Results of an Empirical Maturity Study, Tenth Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS), Paphos-Cyprus, 1-18, 4-6 Eylül 2016.
- Li L., Su F., Zhang W., Mao J.-Y., Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective, Information Systems Journal, 28, 1129–1157, 2018.
- [30] Lichtblau K., Stich V., Bertenrath R., Blum M., Bleider M., Millack A., Schmitt K., Schmitz E., Schröter M., Industrie 4.0 Readiness, 1–78, 2015.
- Schumacher A., Erol S., Sihn W., A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises, Procedia CIRP, 52 (1), 161-166, 2016.
- Zeller V., Hocken C., Stich V., Acatech Industrie 4.0 Maturity Index – A Multidimensional Maturity Model, In Advances in Production Management Systems, Smart Manufacturing for Industry 4.0, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Springer International Publishing: Cham, 105–113, 2018.
- Özkurt, C., Endüstri 4.0 Perspektifinden Türkiye'de İmalat Sanayinin Durumu: Sakarya İmalat Sanayi Üzerine Bir Anket Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği ABD, 2016.
- Jung K., Kulvatnyou B., Choi S., Brundage M.P., An Overview of a Smart Manufacturing System Readiness Assessment, IFIP-Advances in Information and Communication Technology, 488, 705–712, 2016.
- Demircan Keskin F., Kabasakal İ., Kaymaz Y., Soyuer H., An Assessment Model for Organizational Adoption of Industry 4.0 Based on Multi-criteria Decision Techniques. In: Durakbasa N., Gencyilmaz M. (eds) Proceedings of the International Symposium for Production Research-IPSPR 2018, Springer, Cham, 2018.
- Koçak A., Diyadin A., Sanayi 4.0 Geçiş Süreçlerinde Kritik Başarı Faktörlerinin DEMATEL Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Ege Akademik Bakış / Ege Academic Review, 18 (1), 107- 120, 2018.

37. Turkyılmaz E., Cebeci U., Industry 4.0 Maturity Levels of Suppliers in White Goods Manufacturing Sector, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9 (10), 964- 969, 2018.
38. Yıldırım N., Demirbağ K.Ş., From Chaos to Calm: Industry 4.0 Practices of Turkish White Goods Companies. In: Durakbasa N., Gençyılmaz M. (eds) *Proceedings of the International Symposium for Production Research ISPR 2019*, Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2019.
39. Kiraz A., Uygun Ö., Erkan E., Canpolat O., Fuzzy Cognitive Mapping Approach for Assessing Industry 4.0 Tendency, *Scientia Iranica E*, 27 (5), 2635-2643, 2020.
40. Şimşek Demirbağ, K., Endüstri 4.0 Dönüşümünün Türkiye Beyaz Eşya Sektöründeki Mevcut Durumu Ve Mühendislik İşi Üzerindeki Etkisi.Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, 2020.
41. De Carolis A., Macchi M., Negri E., Terzi S., A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies. In: Lödding H., Riedel R., Thoben KD., von Cieminski G., Kiritsis D. (eds) *Advances in Production Management Systems*. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing. APMS 2017. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 513. Springer, Cham. 2017.
42. Mittal S., Romero D., Wuest T., Towards a Smart Manufacturing Maturity Model for SMEs (SM3E). *Advances in Production Management System, Smart Manuf. Ind.*, 4, 155–163, 2018.
43. Strutynska I., Kozbur H., Dmytrotsa L., Bodnarchuk I. Hlado O., Small and Medium Business Structures Clustering Method Based on Their Digital Maturity, *IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kiev-Ukrayna*, 278-282, 8-11 Ekim 2019.
44. Lin T-C., Wang K.J., Sheng M.L., To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan enterprises, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33, 102–115, 2020.
45. de Santos J.A., de Rezende Francisco E., Digital Maturity Level of a B2B Company: Case Study of a Brazilian Complex Manufacturing Company, *International Conference on Information Resources Management-CONF-IRM 2021, Linz-Avusturya*, 1-12, 19-21 Mayıs 2021.
46. Buntak K., Kovačić M., Mutavdžija M., Measuring Digital Transformation Maturity of Supply chain, *Tehnički glasnik*, 15 (2), 199-204. 2021.
47. Tortora A.M.R., Maria A., Di Pasquale V., Iannone R., Pianese., A survey study on Industry 4.0 readiness level of Italian small and medium enterprises, *Procedia Computer Science*, 180, 744–753, 2021.
48. Saad S.M., Bahadori R., Jafarnejad H., Putrad M.F., Smart Production Planning and Control: Technology Readiness Assessment, *Procedia Computer Science*, 180, 618–627, 2021.
49. Bibby L., Dehe B., Defining and assessing industry 4.0 maturity levels – case of the defence sector. *Production Planning & Control*, 29 (12), 1030-1043, 2018.
50. Temur G.T., Bolat H.B., Gözlü S., Evaluation of Industry 4.0 Readiness Level: Cases from Turkey, *The International Symposium for Production Research*, İstanbul-Türkiye, 412-425, 28-31 Augustos 2018.
51. Baki B., Serdar D., Sanayi 4.0 Olgunluk Düzeyinin Değerlendirilmesine Yönelik Çok Kriterli Bir Yaklaşım: Lojistik Sektörü Uygulaması, *Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 38, 655-693, 2020.
52. Sriram, R.M., Vinodh, S. (2021). Analysis of readiness factors for Industry 4.0 implementation in SMEs using COPRAS. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 38 (5), 1178-1192.
53. Burgazoğlu H., MACHBETH, (ed.) Yıldırım B. F., Önder E., İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, 2. Baskı, Dora Yayın Evi, Bursa, 2015.
54. Kundakçı N., Tuş Işık A., Integration of MACBETH and COPRAS methods to select air compressor for a textile company. *Decision Science Letters*, 5, 381-394, 2016.
55. Karande P., Chakraborty S., Using MACBETH method for supplier selection in manufacturing environment, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4, 259–272, 2013.
56. Karande P., Chakraborty, S., A facility layout selection model using MACBETH method, *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bali-Indonesia, 17-26, 7-9 Ocak 2014.
57. Kundakçı, N., Tuş Işık, A., Integration of MACBETH and COPRAS methods to select air compressor for a textile company. *Decision Science Letters*, 5, 381–394, 2016.
58. Genç T., Kabak M., Köse E., Yılmaz, Z., Bireysel Emeklilik Sistemi Seçimi Problemine İlişkin MACBETH Yaklaşımı, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 22, 47-65, 2015.
59. Tosun, Ö., Using MACBETH method for technology selection in production environment, *American Journal of Data Mining and Knowledge Discover*, 2 (1), 37–41, 2017.
60. Ercan E., Kundakçı, N., Bir Tekstil İşletmesi için Desen Programı Seçiminde ARAS ve OCRA Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (1), 83-105, 2017.
61. Özdağoğlu, A., Yılmaz, K., Keleş, M., Evaluation of machine selection criteria with MACBETH method in a ginnery factory, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (37), 26-37, 2020
62. Bana e Costa C. A., De Corte J.-M., Vansnick J.- C. MACBETH, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11 (2), 359–387, 2012.
63. Bana e Costa C. A., De Corte J.-M., Vansnick J.-C., On the mathematical foundations of MACBETH. In S. Greco, M. Ehrgott, J. Figueira (Eds.), *Multiple criteria decision analysis. International series in operations research & management science*, 233. New York, NY: Springer, 2016.
64. Ishizakaa A., Siraj S., Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods, *European Journal of Operational Research*, 264, 462–471, 2018.
65. <http://www.m-macbeth.com>, M-MACBETH Kullanım Kılavuzu. Erişim Tarihi 18 Kasım.2020.
66. Keshavarz Ghorabae M., Zavads E. K., Olfat L., Turskis Z., Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS), *Informatica*, 26 (3), 435-451, 2015.
67. Akçakanat, Ö., Esra Aksoy E., Teker T., CRITIC ve MDL temelli EDAS yöntemi ile TR-61 bölgesi bankalarının performans değerlendirilmesi, *Journal of Süleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, 32, 1-24, 2018
68. Ghorabae M. K., Zavadskas E. K., Olfat L., Turskis Z., Multi Criteria Inventory Classification Using A New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS), *Informatica*, 26 (3), 435-451, 2015.
69. Ghorabae M. K., Zavadskas E. K., Amiri M., Turskis Z., Extended EDAS Method for Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: An Application to Supplier Selection, *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(3), 358- 371, 2016.
70. Ulutaş A., EDAS Yöntemi Kullanılarak Bir Tekstil Atölyesi İçin Dikiş Makinesi Seçimi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9/2 (2), 169-183, 2017.
71. Kahraman C., Ghorabae M. K., Zavadskas E. K., Onar S. C., Yazdani M., Oztaysi B., Intuitionistic Fuzzy EDAS Method: An Application to Solid Waste Disposal Site Selection, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25 (1), 1-12, 2017.
72. Çakır, E., Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS) Yazılımı Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: Bir Belediye Örneği, *Business, Economics and Management Research Journal*, 1 (1), 15-30, 2018.
73. Özbek A., Engür M., EDAS Yöntemi ile Lojistik Firma Web Sitelerinin Değerlendirilmesi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 21 (2), 417-429, 2018.
74. [TÜSİAD. Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği Raporu, <http://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9864-tusiad-bcg-turkiye-ninsanayide-dijital-donusum-yetkinligi>, Yayın tarihi Aralık, 2017. Erişim tarihi Aralık 1, 2020.
75. Buer S-V., Strandhagen J.O., Felix T. S., The Link Between Industry 4.0 and Lean Manufacturing: Mapping Current Research and Establishing a Research Agenda, *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2924-2940, 2018.
76. TURKBESD, Beyaz Eşya Sektör Raporu, Geleceği Bugün Şekillendirmek, <http://www.turkbese.org/userfiles/files/T%C3%9CRKBESD%20Beyaz%20E%C5%9Fya%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%20.pdf>. Yayın tarihi Ocak, 2021. Erişim tarihi Şubat 15, 2021.
77. Santos K.C.P., Loures E.F.R., Junior O.C., Santos E. A.P., Product Life cycle Management Maturity Models in Industry 4.0. *IFIP International Conference on Product Life cycle Management*, 540, 659–669, (2018).

78. Akdil A., Ustundag K.Y., Cevikcan E., Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy. *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, 54, 61-94, 2018.
79. Mayusda I., Wiratmadja I., The Development of Industry 4.0 Readiness Model. Case Study in Indonesia's Priority Industrial Sector of Chemical. *Proceedings of the International Manufacturing Engineering Conference & The Asia Pacific Conference on Manufacturing Systems*, 140-146, 2019.
80. Ruggiero S.M., Santos N.A., Sacomano J.B., Estender A.C., Silva M.T., Industry 4.0: Maturity of Automotive Companies in Brazil for the Digitization of Processes. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 131-138, 2020.
81. Batz A., Szlapka J.O., Stachowiak A., Pawłowski G., Maruszewska K., Identification of Logistics 4.0 Maturity Levels in Polish Companies-Framework of the Model and Preliminary Research. in Grzybowska K., Awasthi, A., Sawhney, R. (editors), *Sustainable Logistics and Production in Industry 4.0: New Opportunities and Challenges*, Poland: Springer, 161-175, 2019
82. Bandara O.K.K., Tharaka V.K., Wickramarachchi A.P.R., Industry 4.0 Maturity Assessment of the Banking Sector of Sri Lanka, *International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE)*, IEEE, 190-195, 2019.
83. Türk Metal Sendikası Araştırma ve Eğitim Merkezi (TAEM). Türkiye Beyaz Eşya Sektörü Verileri, http://elb.tmseveta.com/media/web_content/turkiye-beyaz-esya-sektoru-verileripdf_None_TAZ0.pdf Yayın tarihi Ocak, 2021. Erişim tarihi Temmuz 15, 2022.
84. Demir G., Özyalçın A.T., Bircan H. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve ÇKK Yazılımı ile Problem Çözümü, Nobel Yayıncılık, 2021.
85. Özbek A. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü, 2. baskı, Seçkin Yayınları, 2017.

