



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**HİZMET SEKTÖRÜNDE KALİTE 4.0'A ETKİ  
EDEN FAKTÖRLERİN BULANIK PİSAGOR  
AHP YÖNTEMİ İLE ANALİZİ**

**Gizem YİĞİT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ağustos-2025**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Gizem YİĞİT tarafından hazırlanan “Hizmet Sektöründe Kalite 4.0’a Etki Eden Faktörlerin Bulanık Pisagor AHP Yöntemi İle Analizi” adlı tez çalışması 21/08/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Orhan ENGİN  
Konya Teknik Üniversitesi

.....

#### Danışman

Prof. Dr. Orhan ENGİN  
Konya Teknik Üniversitesi

.....

#### Üye

Doç. Dr. Ahmet SARUCAN  
Konya Teknik Üniversitesi

.....

#### Üye

Dr. Öğr. Abdullah Hulusi KÖKÇAM  
Sakarya Üniversitesi

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Gizem YİĞİT

Tarih:21 Ağustos 2025

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### HİZMET SEKTÖRÜNDE KALİTE 4.0'A ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BULANIK PİSAGOR AHP YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Gizem YİĞİT

Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Orhan ENGİN

2025, 53 Sayfa

Jüri  
Prof. Dr. Orhan ENGİN  
Doç. Dr. Ahmet SARUCAN  
Dr.Öğr. Abdullah Hulusi KÖKÇAM

Hizmet sektöründe dijital dönüşümün hızlanması, kalite yönetiminde yeni yaklaşımları gerekli kılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Kalite 4.0'a geçiş sürecinde etkili olan faktörleri belirlemek ve sektörler bazında önceliklerini ortaya koymaktır. Araştırma kapsamında bir elektrik dağıtım şirketi, bir özel banka ve bir telekomünikasyon firması incelenmiştir. Yöntem olarak, belirsizliklerin yönetilmesine imkân tanıyan Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır. Analiz sonucunda; elektrik dağıtım sektöründe çalışan yetkinlikleri ve eğitim, bankacılıkta dijitalleşme ve otomasyon ile veri analitiği, telekomünikasyon sektöründe ise müşteri odaklılık ve memnuniyet en etkili faktörler olarak bulunmuştur. Bulgular, Kalite 4.0 uygulamalarının yalnızca teknolojik yatırımlarla sınırlı olmadığını; insan kaynağı, süreç entegrasyonu ve kültürel dönüşümle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. Çalışma, hizmet işletmeleri için dijitalleşme stratejilerinde kalite faktörlerinin dikkate alınmasına yönelik öneriler sunarak literatüre ve uygulayıcılara katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital Dönüşüm, Hizmet Sektörü, Kalite 4.0, Kalite Yönetimi, Pisagor Bulanık AHP

## **ABSTRACT**

## **MS THESIS**

# **ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING QUALITY 4.0 IN THE SERVICE SECTOR USING THE FUZZY PYTHAGORE AHP METHOD**

**Gizem YİĞİT**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Industrial Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Orhan ENGİN**

**2025, 53 Pages**

**Jury  
Prof. Dr. Orhan ENGİN  
Assoc. Prof. Dr. Ahmet SARUCAN  
Dr. Lecturer Abdullah Hulusi KÖKÇAM**

The acceleration of digital transformation in the service sector has necessitated new approaches in quality management. The aim of this study is to identify the factors influencing the transition to Quality 4.0 and to determine their priorities across different industries. The research was conducted in three service organizations: an electricity distribution company, a private bank, and a telecommunications firm. To address uncertainty in decision-making, the Pythagorean Fuzzy Analytic Hierarchy Process was employed. The findings reveal that employee competencies and training are the most critical factors in the electricity distribution sector, while digitalization and automation, along with data analytics and artificial intelligence, are dominant in banking. In the telecommunications sector, customer orientation and satisfaction emerged as the most influential factors. The results demonstrate that the implementation of Quality 4.0 should not be limited to technological investments but must also encompass human resources, process integration, and cultural transformation. This study contributes to both the literature and practice by providing sector-specific recommendations for integrating quality factors into digital transformation strategies in service organizations.

**Keywords:** Digital Transformation, Service Sector, Quality 4.0, Quality Management, Pythagorean Fuzzy AHP

## ÖNSÖZ

Teknolojinin hızla geliştiği ve dijital dönüşümün işletmeler üzerinde köklü değişimlere yok açtığı bir çağda, kalite yönetimi de bu dönüşümden etkilenmekte ve yeniden şekillenmektedir. Endüstri 4.0'ın sunduğu olanaklarla şekillenen Kalite 4.0, işletmelerin süreçlerini dijitalleşen dünyaya entegre etmelerine olanak tanırken, hizmet sektöründe kalite standartlarını yükseltmek ve rekabet avantajını sağlamak için önemli bir araç haline gelmiştir. Bu çalışma, hizmet sektöründe Kalite 4.0'a geçişin gerekliliklerini ele almaktadır.

Bu süreçte değerli katkıları için danışman hocam Prof. Dr. Orhan ENGİN'e saygı değer jüri üyeleri Doç. Dr. Ahmet SARUCAN ve Dr. Öğr. Abdullah Hulusi KÖKÇAM'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca akademik hayatım boyunca beni destekleyen ve teşvik eden aileme şükranlarımı iletmek isterim.

Bu çalışmanın, dijital dönüşüm sürecinde hizmet sektörüne katkı sağlamasını ve kalite yönetimi konusunda yeni bakış açıları kazandırmasını temenni ediyorum.

Gizem YİĞİT  
KONYA-2025

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                             |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ÖZET .....</b>                                                                                           | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                        | <b>v</b>    |
| <b>ÖNSÖZ .....</b>                                                                                          | <b>vi</b>   |
| <b>İÇİNDEKİLER.....</b>                                                                                     | <b>vii</b>  |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>                                                                         | <b>viii</b> |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                                                                        | <b>1</b>    |
| <b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>                                                                          | <b>4</b>    |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>                                                                          | <b>13</b>   |
| 3.1 Materyal .....                                                                                          | 13          |
| 3.1.1 Kalite 4.0 Nedir? .....                                                                               | 13          |
| 3.1.2 Hizmet Sektöründe Kalite 4.0'a Geçiş Adımları .....                                                   | 14          |
| 3.2 Yöntem.....                                                                                             | 15          |
| <b>4. UYGULAMA .....</b>                                                                                    | <b>19</b>   |
| 4.1. Kalite Faktörlerinin Belirlenmesi.....                                                                 | 19          |
| 4.3 Hizmet Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmeler İçin Kalite Verimlilik Faktör<br>Karşılaştırılması ..... | 21          |
| 4.3.1 Elektrik Dağıtım Şirketi İçin Uygulama .....                                                          | 21          |
| 4.3.2 Özel Banka İçin Uygulama .....                                                                        | 26          |
| 4.3.3 Telekomünikasyon İşletmesi İçin Uygulama .....                                                        | 31          |
| <b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>                                                                        | <b>45</b>   |
| 5.1 Sonuçlar .....                                                                                          | 45          |
| 5.2 Öneriler .....                                                                                          | 46          |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                                                      | <b>47</b>   |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

|                    |                                               |
|--------------------|-----------------------------------------------|
| $\mu L$ ve $\mu U$ | : Üyelik derecesinin alt ve üst değerleri     |
| $v L$ ve $v U$     | : Üye olmama derecesinin alt ve üst değerleri |
| $\mu$              | : Üyelik Fonksiyonu                           |
| $W$                | : Ağırlıklar                                  |
| $\Lambda_{max}$    | : Matrisin en büyük özdeğeri                  |
| $\mu_i$            | : Faktöre ait üye olma derecesi               |
| $v_i$              | : Faktöre ait üye olmama derecesi             |
| $d_{ik}^l$         | : Alt sınır pisagor fark değeri               |
| $d_{ik}^u$         | : Üst sınır pisagor fark değeri               |
| $s_{ik}$           | : Benzerlik değeri                            |
| $s_{ik}^u$         | : Üst sınır benzerlik değeri                  |
| $\tau_{ik}$        | : Belirlilik (kesinlik) derecesi              |
| $t_{ik}$           | : Ağırlık öncesi değer                        |
| $w_i$              | : Nihai önem ağırlığı                         |

### Kısaltmalar

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| AHP | : Analitik Hiyerarşi Prosesi |
| ENB | : Endüstriyel Büyük Veri     |
| KKP | : Kurumsal Kaynak Planlaması |
| TKM | : Teknoloji Kabul Modeli     |
| TKY | : Toplam Kalite Yönetimi     |
| KY  | : Kalite Yönetimi            |
| KYS | : Kalite Yönetim Sistemleri  |
| YZ  | : Yapay Zekâ                 |

## 1. GİRİŞ

Kalite kavramı; felsefe, ekonomi, pazarlama ve üretim yönetimi gibi çeşitli disiplinler tarafından farklı açılardan ele alınmıştır. Felsefi yaklaşım daha çok tanımlayıcı boyuta odaklanırken; ekonomi disiplini kaliteyi kârlılık ve piyasa dengesi bağlamında değerlendirmiştir. Pazarlama alanı ise kaliteyi tüketici davranışları ve müşteri memnuniyeti çerçevesinde incelemiştir; üretim yönetimi ise konuya mühendislik uygulamaları ve üretim kontrolü perspektifinden yaklaşmıştır. Bu durum, her disiplinin kaliteyi kendi bakış açısıyla ve özgün kavramsal çerçevesi içinde ele aldığını göstermektedir (Garvin, 1988).

Kalite anlayışı, sanayi devrimleriyle birlikte sürekli bir dönüşüm geçirmiştir. 18. yüzyılda buhar gücünün üretime entegre edilmesiyle başlayan Birinci Sanayi Devrimi, insan gücünden makineleşmeye geçişi sağlarken kalite kontrol süreçleri de muayeneye dayalı hale gelmiştir (Bilgin, 2021). 20. yüzyılın başlarında Ford'un seri üretim modeliyle belirginleşen İkinci Sanayi Devrimi'nde, üretim verimliliği artarken istatistiksel kalite kontrol yöntemleri gelişmiştir (Çeliktas ve diğ., 2015; Dahlgaard ve diğ., 2007). Üçüncü Sanayi Devrimi ise otomasyon ve dijitalleşmeyle birlikte Toplam Kalite Yönetimi'ni öne çıkarmış, kalite anlayışını bütünsel bir yönetime dönüştürmüştür (Sader ve diğ., 2022). Günümüzde Endüstri 4.0 ile şekillenen Dördüncü Sanayi Devrimi, kalite yönetimini dijital teknolojilerle entegre ederek Kalite 4.0 anlayışını ortaya çıkarmıştır; bu anlayış, gerçek zamanlı veri analizi ve paydaşlar arası iş birliğini temel alarak sürdürülebilir ve önleyici kalite yönetimini mümkün kılmaktadır.

Kalite, müşteri memnuniyetini sağlamanın ve sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmenin temel unsurlarından biridir (Kaya ve Engin, 2004; Engin, 2002). İşletmeler için yalnızca ürün ve hizmetlerin standartlara uygunluğunu değil, aynı zamanda sürekli iyileştirme ve yenilikçi yaklaşımlarla değer oluşturmayı da ifade eder. Kalite Yönetimi (KY), müşterilerin beklentilerine uygun olarak ürün ve hizmetlerin güvenilirliğini sağladığı için üretim süreçlerinde kritik bir rol üstlenir (Kaya ve Engin, 2007; Yamada, 2013). Günümüzün rekabetçi iş ortamı, işletmelerin kalite yönetimi ve dijital dönüşüm arasındaki bağlantıyı anlaması ve bu alandaki potansiyeli en iyi şekilde değerlendirmesi gerektiğini vurgulanmaktadır. Teknolojideki ve ilişkili ürün ve hizmetlerdeki gelişmeler, imkansızlıkların sınırlarını aşmaya yardımcı olmaktadır (Sureshchandar, 2022). Kalite 4.0, dijital ve otomasyona geçilen bir çağda kalitenin rolünü değerlendirmektedir (Sony ve diğ., 2020). Kalite 4.0, Kalite Yönetim Sistemlerini (KYS) geliştirmek için Endüstri 4.0 teknolojileri tarafından üretilen geniş veri kümelerini kullanan veri odaklı kurumsal

başkalaşıma doğru önemli bir değişim temsil etmektedir (Gunasekaran ve diğ., 2019; Yiğit ve Engin, 2025). Bu fayda sağlayan değişim, kuruluşların reaktif kalite yönetiminden proaktif kalite yönetimine geçişine yardımcı olmaktadır (Thekkoote, 2022). Gerçek zamanlı izleme, öngörücü bakım ve normal olmayan durumların anlık tespitinin benimsenmesini ön görmekte ve bunun sonucunda kalite sorunlarının daha hızlı tanımlanması ve çözülmesini sağlamaktadır (Asif, 2020). Kalite 4.0 çerçevesinde dijital bir kalite yönetimi ekosistemi oluşturmak, merkezi bir veri platformu aracılığıyla dijital süreçlerin ve kalite yönetimin bir araya getirilmesini gerektirir (Prashar, 2023; Sureshchandar, 2022).

Kalite 4.0, hizmet sektöründe önemli bir dönüşüm potansiyeline sahiptir çünkü işletmelere operasyonel mükemmelliği artırma, müşteri deneyimini iyileştirme ve rekabet avantajı elde etme fırsatı sunmaktadır. Hizmet sektöründe kalite yönetimi, müşteri memnuniyetini sağlamak ve rekabet avantajı elde etmek için kritik bir öneme sahiptir (Engin ve diğ., 2023). Dijital dönüşüm, kalite yönetim süreçlerini daha verimli, esnek ve etkili hale getirebilecek çeşitli yenilikçi teknolojileri beraberinde getirmektedir.

Literatürde, Kalite 4.0 kavramı daha çok üretim sektörüne odaklanmış olup, hizmet sektörüne yönelik sistematik analizlerin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, hizmet sektöründe Kalite 4.0'a geçişi etkileyen faktörleri belirleyip, Pisagor Bulanık AHP yöntemi ile önceliklendirmekte ve hizmet işletmelerinin dijital dönüşüm sürecinde sektöre özel bir yol haritası sunmaktadır.

Literatüre katkı açısından, çalışma birkaç önemli noktayı ele almaktadır. Hizmet sektöründe, Kalite 4.0'a geçişi etkileyen faktörler belirlenmiştir ve Pisagor Bulanık AHP yöntemi kullanılarak önceliklendirilmiştir. Bu yaklaşım, hizmet sektörü için kalite yönetiminin, dijital dönüşüm sürecindeki kritik bileşenlerini belirlemek adına çözümçül bir yöntem sunmaktadır.

Bu çalışmanın kapsamı, hizmet sektöründe Kalite 4.0'a geçiş süreçlerini incelemek ve bu geçişi etkileyen faktörleri belirlemektir. Çalışmanın ikinci bölümünde, KY, Kalite 4.0 ve hizmet sektörü ve dijital dönüşüm konularında yapılan literatür taramasına yer verilmiştir. Bu kavramların mevcut çalışmalar ışığında nasıl ele alındığı ve aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. Üçüncü bölümde, hizmet sektöründe Kalite 4.0 uygulamaları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. İlk olarak, Kalite 4.0 felsefesinin ne olduğu açıklanmıştır ve bu yaklaşımın kalite yönetimindeki önemi vurgulanmıştır. Ardından, hizmet sektöründe Kalite 4.0'a geçiş adımlarına odaklanılacaktır. Bu adımlar, mevcut durum analizinin yapılmasından başlayarak, kalite vizyonunun belirlenmesi,

verilerin elde edilmesi ve dijital izlenebilirliğin oluşturulması, elde edilen verilerin analizi ve raporlanması gibi süreçleri içermiştir. Dördüncü bölümde ise hizmet sektöründe Kalite 4.0 uygulamalarını ve dijital dönüşüm sürecinin kalitedeki rolünü kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. İlk olarak, Kalite 4.0'a geçiş sürecinde önemli olan kalite faktörlerinin belirlenmesi üzerine odaklanılmıştır ve bu faktörlerin Pisagor Bulanık AHP yöntemi ile önceliklendirilmesi sağlanmıştır. Ardından, elektrik dağıtım, özel bankacılık ve telekomünikasyon sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelere yönelik kalite verimliliği faktörlerinin karşılaştırılması yapılmıştır; bu sayede her sektör için spesifik kalite iyileştirme alanları ve stratejileri ortaya konulmuştur. Son olarak, beşinci bölümde çalışmanın bulguları değerlendirilecek; sınırlamalar ve gelecekte yapılabilecek araştırmalar için öneriler sunulmuştur.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kalite yönetimi, Kalite 4.0, hizmet sektörü ve dijital dönüşüm konularında yapılan akademik çalışmalar incelenerek, Kalite 4.0'ın temel bileşenleri, hizmet sektöründeki uygulanabilirliği ve dijital dönüşüm süreçlerine entegrasyonu bağlamında mevcut literatürün kapsamı ortaya konulmuştur. Ayrıca, kalite yönetim sistemleri ve çok faktörlü karar verme yöntemleri konusundaki araştırmalar incelenerek, bu çalışmanın dayandığı teorik temel oluşturulmaktadır. Bu çerçevede, ilgili literatürdeki yaklaşımlar, eksiklikler ve geliştirilebilecek yönler analiz edilerek çalışmanın özgün katkısı vurgulanmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Ngo ve Schmitt (2016), özelleştirilmiş üretim süreçlerinin daha düşük standardizasyon seviyelerine ve daha yüksek kararsızlıklarla karakterize olduğunu belirtmişlerdir. Geleneksel kalite yönetim tekniklerinin, hata analizi ve süreç izleme gibi yöntemleri içerdiğini ve bu yöntemlerin seri üretimde başarıyla uygulandığını belirtmişlerdir. Bu tekniklerin, hata nedenlerini belirlemeye ve düzeltmeye odaklandığını ifade etmişlerdir. Ancak, özelleştirilmiş üretimde, hata nedenlerinin farklı ürünler nedeniyle değişmesi ve süreçler arasındaki karşılıklı bağımlılıklar, bu yaklaşımın sınırlamalarını ortaya koymaktadır. Çalışmalarında, özelleştirilmiş üretim süreçlerinin karmaşıklığı ve standart kalite yönetim tekniklerinin bu süreçlerdeki sınırlamaları üzerinde durmuşlardır. Veri temelli kalite düzenleme, bu zorlukları aşmak için geliştirilmiş yeni bir yaklaşımdır ve bu yaklaşımın etkinliğini değerlendirmek üzere sanal üretim modelleri önermişlerdir.

Chiarini (2020), Endüstri 4.0 ve KY ile TKY arasındaki ilişkileri inceleyerek mevcut literatürü analiz etmiştir. Araştırmasında, "Kalite 4.0" kavramı çerçevesinde hangi konuların ve sorunların en ilgili olduğunu belirlemeye çalışmıştır. Sistematik literatür taraması yöntemi kullanılarak, farklı kaynaklardan 75 makale incelemiştir. Çalışma, kalite verileri, analizler ve yapay zekâ kullanarak şirket içinde değer oluşturma, Kalite 4.0 becerileri ve kültürünün geliştirilmesi, müşteri değeri oluşturma ve siber-fiziksel sistemler ile KKP'nin kalite güvencesi ve kontrolü üzerindeki etkileri gibi dört ana konu başlığını belirlemiştir.

Sony ve diğ. (2020), Kalite 4.0'ın etkili bir şekilde uygulanması için gereken temel unsurları araştırmışlardır. Endüstri 4.0 çağında, kalite yönetiminin dijital araçlarla nasıl iyileştirilebileceğine dair kapsamlı bir inceleme sundukları çalışmalarında, organizasyonlar için sekiz temel unsuru vurgulamışlardır. Bunlar; büyük veri işleme,

öngörücü analizlerin geliştirilmesi, etkili entegrasyon, stratejik avantaj sağlama, liderlik, eğitim, organizasyonel kültür ve üst yönetim desteğidir. Bu unsurların, Kalite 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için gerekli olan yönleri belirlediği ve gelecekteki araştırmalar için bir çerçeve sunduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, Kalite 4.0'ı etkili bir şekilde uygulamak isteyen organizasyonlar için bir öz değerlendirme aracı olarak kullanılabilecek bu unsurların önemini vurgulamışlardır.

Escobar ve diğ. (2021), Endüstri 4.0 çerçevesinde kalite yönetiminde Yapay Zekâ (YZ) ve Endüstriyel Büyük Veri (EBV) kullanımının artan önemine odaklanmışlardır. Literatür taramalarında, bu teknolojilerin üretim süreçlerinde kalite standartlarını iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu, ancak uygulama zorlukları ve strateji eksiklikleri nedeniyle birçok kuruluş için zorlu bir süreç olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, mevcut çalışmalarda YZ ve EBV'nin başarılı entegrasyonu için stratejik eğitim ve sertifikasyon programlarının gerekliliği vurgulamışlardır. Çalışmaları, özellikle Yeşil, Siyah ve Usta Siyah Kuşak seviyelerinde önerilen müfredatlar aracılığıyla, kalite liderlerinin bu teknolojilerden fayda sağlamaları için gereken bilgi ve becerileri tanımlamıştır. Bu tür sertifikasyonların profesyonellerin kariyer gelişiminde ve Endüstri 4.0'a uyum sağlamalarında önemli bir rol oynadığına dair bulgular sunmuştur.

Jamkhaneh ve diğ. (2022), dijital çağda, Kalite 4.0 kavramını anlamada insan kaynakları güçlendirmesinin belirleyicilerini incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırma, insan kaynaklarının hazırlık ve yetenekleri üzerinde etkili olan 29 belirleyici faktörü tanımlamış ve bu belirleyiciler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini analiz etmişlerdir. Bulgular, teknik yetenekler ve problem çözme kapasitesinin en önemli belirleyici faktör olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmaları, insan kaynakları yönetimindeki değişikliklere uyum sağlamak için gerekli önlemleri alarak, toplam kalite iyileştirmesi yapmayı hedefleyen işletmeler için önemli bilgiler sunmuştur.

Yadav ve diğ. (2021), Kalite 4.0 bağlamında, Yalın Üretim uygulamalarının başarılı olmasını sağlayan kritik başarı faktörlerini incelemişlerdir. Araştırma, Kalite 4.0 teknolojileri için belirlenen geleneksel başarı faktörleri ile nasıl bir ilişki içinde olduğunu incelemiştir. Anket yöntemi kullanarak, Kalite 4.0 ile ilgili kritik faktörlerin yanı sıra geleneksel teknolojiler altında belirlenen faktörlerin de önemini değerlendirmiştir. Bulgular, Kalite 4.0'a özgü yedi faktörün kritik olduğunu ortaya koyarken, geleneksel teknolojiler altında 13 faktörden 11'inin kritik olduğunu göstermiştir. Özellikle, büyük veri yönetimi, Kalite 4.0'ın benimsenmesinde en önemli faktör olarak vurgulanmıştır. Çalışmaları, işletmelere, Kalite 4.0'ı hızlı ve etkili bir şekilde benimsemeleri ile

entegrasyonlarını sağlamaları için somut stratejiler sunmuştur. Ayrıca, Covid-19 sonrası bilgi teknolojilerinin ön plana çıkması ile ilgili bağlamda önemli bulgular sunmuş ve danışmanlar ile uygulayıcılara yeni belirlenen kritik başarı faktörleri doğrultusunda önceliklerini belirleme konusunda yardımcı olmuştur. Araştırmaları, Kalite 4.0 ve Endüstri 4.0 uygulamalarının daha etkili bir şekilde benimsenmesine yönelik teorik ve pratik katkılar sağlamıştır.

Broday (2022), kalite yönetiminin son birkaç on yıldaki evrimini ele alarak, denetimden toplam kalite yönetimine ve nihayetinde, Kalite 4.0'a geçişi incelemiştir. Araştırma, kalite yönetimi konusundaki geleneksel yaklaşımlardan dijital çağın getirdiği yeniliklere nasıl geçiş yapıldığını açıklamakta ve bu sürecin organizasyonel etkilerini tartışmıştır. Makalenin literatür incelemesi, Kalite 4.0'ın, Endüstri 4.0 çerçevesinde nasıl geliştiğini ve mevcut yayınlar ışığında bu konudaki trendleri analiz etmiştir. Araştırma, 2013 yılından itibaren yapılan çalışmaların önemli bir artış gösterdiğini ve özellikle kalite yönetimi ile Endüstri 4.0 arasındaki bağlantının vurgulandığını göstermiştir. Ayrıca, Kalite 4.0 için henüz evrensel bir tanım bulunmadığı belirtilmiş ve dijital araçların süreç performansını nasıl artırabileceğine dair potansiyel kullanımlar üzerine odaklanılmıştır. Araştırma, Toplam Kalite Yönetimi'nden Kalite 4.0'a doğru doğal bir evrim beklentisini desteklerken, bu geçişin geleneksel kalite yöntemlerini tamamen ortadan kaldırmadığını, aksine bu yöntemlerle birleşerek daha hızlı ve akıllı organizasyonel süreçlerin oluşmasına katkıda bulunacağını vurgulamıştır.

Dias ve diğ. (2022), kalite yönetim uygulamalarının dijital teknolojilerle entegrasyonunu incelemişlerdir. Özellikle Endüstri 4.0'ın getirdiği yeni üretim paradigmasıyla, kalite yönetim süreçlerinin nasıl uyum sağlayabileceği ve iyileştirilebileceği değerlendirmişlerdir. Araştırmalarında, Nesnelerin İnterneti, büyük veri analitiği, yapay zekâ ve bulut bilişim gibi teknolojilerin kaliteyi nasıl artırdığını ve süreçleri optimize ettiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, bu teknolojilerin entegrasyonu ile kalite yönetim uygulamaları arasında güçlü bir ilişki olduğunu ve bu bağlantının kalite iyileştirmelerine nasıl katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir. Araştırmaları, Endüstri 4.0'ın kalite yönetim uygulamaları üzerindeki etkilerini ve bu teknolojilerin kalite süreçlerini nasıl dönüştürdüğünü göstermektedir.

Escobar ve diğ. (2022), Kalite 4.0'ın Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir, Kontrol Et metodolojisinin evrimi olarak nasıl geliştiğini incelemişlerdir. Literatür taraması, Kalite 4.0'ın, dijital teknolojiler ve Endüstri 4.0 uygulamalarıyla geleneksel kalite kontrol yöntemlerini nasıl dönüştürdüğünü ve iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, Kalite 4.0

tabanlı yeniliklerin, kalite yönetimi süreçlerine entegre edilmesinin, şirketlerin operasyonel verimliliklerini ve rekabet avantajlarını artırmada nasıl bir rol oynadığını vurgulamışlardır.

Kumar ve diğ. (2022), dijital çağda kalite yönetimi konusunda Kalite 4.0'ın nasıl bir çerçeve sunduğunu incelemişlerdir. Literatür taraması, Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojik yeniliklerin kalite yönetimindeki değişimlerini ve bu değişimlerin iş süreçleri ile iş gücü üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırma, Kalite 4.0'ın temel bileşenlerini ve bu bileşenlerin dijital dönüşüm bağlamındaki rolünü analiz ederken, literatürdeki boşlukları belirlemekte ve bir kavramsal çerçeve önermiştir. Bu çerçeve, insan, süreç ve teknoloji faktörleri ile ilgili önemli noktaları ele alarak, kalite yönetimi uygulamalarına yön vermek amacıyla kullanılabilecek stratejik öneriler sunmuştur. Bu çerçevenin Endüstri 4.0'ın kalite yönetimindeki yenilikçi yaklaşımlarını nasıl yönlendirdiği ve katkıda bulunduğunu vurgulamışlardır.

Singh ve diğ. (2022), Otomotiv Üretiminde Otonom Kalite Yönetim Sistemi geliştirilmesini ve uygulanmasını, Kalite 4.0 konsepti çerçevesinde ele almışlardır. Otonom Kalite Yönetim Sisteminin, insan müdahalesini en aza indirip kalite yönetimini otomatikleştirerek süreçlerde standartlaşma ve esneklik sunduğunu belirtmişlerdir. Çalışmaları Kalite 4.0 ve Otonom Kalite Yönetim Sistemi'nin otomotiv üretim süreçlerindeki etkilerini, potansiyel faydalarını ve karşılaşılan zorlukları ortaya koymuştur.

Sureshchandar (2022), Kalite 4.0'ın faktörlerinin kritikliğini analiz etmek için AHP tekniğini kullanmıştır. Literatür taraması, Kalite 4.0'ın bu faktörlerinin organizasyonel performans, çeviklik ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koymuş ve teknoloji ile geleneksel kalite unsurları arasındaki etkileşimi değerlendirmiştir. Araştırma, Kalite 4.0'ın temel faktörlerini tanımlayarak, bu faktörlerin önceliklendirilmesine yönelik AHP tekniği ile bir çerçeve sunmuştur. Literatürde, Kalite 4.0'ın teorik ve pratik katkılarına dair mevcut bilgi eksiklikleri ve gelecekteki araştırmalar için öneriler yer almıştır.

Thekkootte (2022), dijital dönüşüm çağında Kalite 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlayan unsurları incelemiştir. Literatür taramasında, bu alandaki çalışmaları analiz ederek, Kalite 4.0'ın uygulanmasını etkileyen on temel faktörü belirlemiştir. Bu faktörler arasında veri, analiz, bağlantı, iş birliği, uygulama geliştirme, ölçeklenebilirlik, uyum, organizasyon kültürü, liderlik ve eğitim yer almıştır. Araştırma, bu faktörlerin işletmelerin, Kalite 4.0 uygulama süreçlerine nasıl katkıda bulunabileceğini

ve gelecekteki araştırmalar için oneriler sunarak, dijital dönüşüm sürecinde Kalite 4.0'ın başarılı bir şekilde entegrasyonu için pratik bilgiler sağlamıştır.

Antony ve diğ. (2023), Kalite 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanması için organizasyonel hazır olma faktörlerini incelemişlerdir. alışmalarında, organizasyonlarda Kalite 4.0'ın uygulanabilirliğini etkileyen faktörleri değerlendirmiş ve bu faktörlerin onemini analiz etmişlerdir. Amerika, Asya ve Avrupa'dan 147 kıdemli yönetim profesyonelinin katıldığı evrimii anketlere dayanarak, organizasyonel hazır olma faktörlerini nicel bir yöntemle ele almışlardır. Kalite 4.0'ın benimsenmesinde karşılaşılan beş ana engeli, belirlemişlerdir. Bunların kaynak eksikliği, Kalite 4.0'ın kurumsal strateji ile ilişkilendirilmesindeki yetersizlik, faydaların anlaşılmaması, yüksek başlangıç yatırımı ve mevcut kalite yönetim yöntemlerinin yeterliliği olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, büyük verilerin kalite yönetimindeki rolünü, organizasyonun büyüklüğünden bağımsız olarak, Kalite 4.0'ın benimsenmesi için kritik bir faktör olarak vurgulamışlardır. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin maliyet ve zaman tasarrufunun onemini düşük değerlendirdiğini belirtmişlerdir.

Saihi ve diğ. (2023), Endüstri 4.0 teknolojilerinin kalite yönetimi uygulamalarını geliştirmek için nasıl kullanılabileceğine dair sistematik bir inceleme sunmuşlardır. Literatür taraması, son beş yıl içinde yayımlanan 52 çalışmayı analiz ederek, bu çalışmaların teknoloji odaklı haritalandırılması ve ele aldıkları kalite faktörlerine göre kategorize edilmesini içermiştir. Araştırmalarında, kalite yönetiminin, Endüstri 4.0 teknolojilerinden nasıl yararlanabileceği, araştırma boşlukları ve gelecekteki araştırmalar için yeni yönler hakkında bilgi sağlamışlardır. Teknoloji odaklı literatürdeki eksiklikleri, kalite yönetimi araçlarının ve metodolojilerinin sınırlamalarını, ekonomik analiz eksikliklerini ve kalite gerekliliklerinin Endüstri 4.0 ile entegrasyonu konularındaki ihtiyaçları vurgulamışlardır.

Sureshchandar (2023), Kalite 4.0 kavramını ölçmek için Doğrulayıcı Faktör Analizi yaklaşımını kullanarak bir ölüm modelini geliştirmiştir. Literatür taraması, Kalite 4.0'ın faktörlerini belirlemek ve bu faktörlerin llmesi için geçerli ve güvenilir bir model oluşturmak amacıyla yapılan çalışmaları kapsamıştır. Doğrulayıcı Faktör Analizi tekniği kullanılarak geliştirilen modelin, uygunluk, güvenilirlik ve geçerliliği değerlendirilmiş olup, Kalite 4.0'ın teorik ve pratik anlayışını geliştirmeye yönelik bilgiler sunmuştur.

Amat-Lefort ve diğ. (2023), Kalite 4.0'ın büyük veri analitiği ile nasıl uygulanabileceğini ve kullanıcı yorumları aracılığıyla hizmet kalitesi özelliklerini nasıl

keşfedebileceğini incelemişlerdir. Literatür taraması ile büyük verilerin, kullanıcı yorumlarından içgörüler elde etmede ve kalite algılarını analiz etmede önemli bir araç olarak kullanıldığını ortaya koymuşlardır. Bulgular, bazı kalite özelliklerinin kullanıcı memnuniyeti ile olumlu bir ilişki gösterdiğini, bazılarının ise negatif bir korelasyon sunduğunu ortaya koymuştur. Literatürde, bu yaklaşımın, kalite yönetiminde veri odaklı metodolojilerin nasıl uygulanabileceği ve mevcut çalışmaların kapsamının nasıl genişletilebileceğine dair önemli bilgiler sunduğu vurgulanmıştır.

Slancová ve Plura (2024), kalite planlama süreçlerinde bilgi girdileri ve çıktılarının rolüne odaklanmışlardır. Literatür taraması, kalite planlama süreçlerinin dijital dönüşümle iyileştirilme potansiyelini araştırmakta ve mevcut uygulamalarda bilgi girdilerinin erişilebilirliğinin yeterli olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca, dijitalleşme ve depolama sistemlerinin olgunluk seviyelerinin, bilgi girdilerinin etkin kullanımını doğrudan etkilediği vurgulanmıştır. Çalışma, dijital dönüşüm ile kalite planlama süreçlerinde bilgi erişilebilirliğini artıracak stratejik önlemler sunmakta ve Endüstri 4.0 ilkelerine uygun olarak şirketlerin rekabet gücünü artırmaya yönelik öneriler geliştirmiştir.

Swarnakar ve diğ. (2023), örgütlerde sürdürülebilir Kalite 4.0 uygulamasına giden yolu açığa çıkarmayı amaçlamışlardır. Araştırmalarında, Kalite 4.0'ın başarılı bir şekilde nasıl uygulanabileceğine dair içgörüler sunmak için keşif niteliğinde bir nitel araştırma yürütmüşlerdir. Kalite 4.0'ın uygulama süreçlerinde karşılaşılan zorlukları ve bu zorlukların üstesinden gelinmesi için gereken stratejileri ortaya koymuşlardır. Örgütlerin Kalite 4.0'ı sürdürülebilir bir şekilde benimseyebilmeleri için gerekli olan stratejik yaklaşımlar hakkında kapsamlı bilgi sağlamışlardır.

Ghatak ve Garza-Reyes (2024), Hindistan üretim sektöründe Kalite 4.0 benimsenmesini engelleyen engelleri kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Literatür taraması, Kalite 4.0'ın mevcut literatüründe ele alınan temel zorluklar ve bunların sektördeki uygulamaları üzerindeki etkilerini anlamayı amaçlamıştır. Araştırma, Kalite 4.0'ın benimsenmesini engelleyen on dört ana engeli belirlemiş ve bu engellerin karşılıklı bağımlılıklarını incelemiştir. Kalite 4.0'ın uygulanmasını zorlaştıran başlıca engeller olarak kalite standartlarının ve büyük veri analitiği araçlarının eksikliğini vurgulamıştır. Ayrıca, araştırma, organizasyonel engellerin etkisinin teorik beklentilerin aksine sınırlı olduğunu belirtmiştir. Literatür taraması, teknolojik, organizasyonel ve çevresel faktörlerin Kalite 4.0 entegrasyonundaki rollerini inceleyerek, bu engellerin nasıl etkileşime girdiğine dair derinlemesine bir anlayış sunmuştur.

Tewary ve Jadon (2024), Kalite 4.0 üzerine yapılmış literatür taramasını analiz ederek, Kalite 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli olan temel faktörleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında, 90 araştırma makalesini taramış ve en güvenilir bilgileri elde etmişlerdir. Kalite 4.0 alanındaki literatürün evrimi ve önceki literatür taramalarının sistematize edilmesi gibi önemli bulguları özetlemişlerdir. Ayrıca, Kalite 4.0 uygulamasında karşılaşılan eğitim engellerini belirlenmişler ve Kolb'un deneyimsel öğrenme modelini kullanarak yetkin bir iş gücü oluşturma için bir model önermişlerdir. Çalışmalarında, yetkin bir iş gücü oluşturulurken dikkate alınması gereken eğitim engelleri hakkında içgörüler sunmuşlardır.

Rogala ve diğ. (2024), Teknoloji Kabul Modeli çerçevesinde algılanan fayda, algılanan kullanım kolaylığı, teknolojiye yönelik tutum ve yeni teknolojilere yönelik kullanım niyetini değerlendirmişlerdir. Araştırmalarını, yüksek teknoloji sektöründe çalışan 200 kalite profesyoneli ile yapılan bilgisayar destekli web mülakatlarıyla gerçekleştirmişlerdir. Bulgularında, kalite profesyonellerinin yeni teknolojilere yönelik tutumlarını şekillendiren en önemli faktörün, bu teknolojilere etkili bir şekilde yaklaşabileceklerine olan güvenleri olduğunu tespit etmişlerdir. Kalite 4.0 teknolojilerinin benimsenmesini etkileyen faktörleri belirlemişlerdir.

Silva ve diğ. (2024), dijital dönüşüm sürecinde bir fabrika ortamının gerçekleştirilmesinde veri bilimi, yapay zekâ, makine öğrenimi ve öngörücü modellerin vazgeçilmez sütunlar olarak nasıl ortaya çıktığını incelemişlerdir. Müşteri şikâyet verilerinin analizine odaklanarak, makine öğrenimi tekniklerini kullanarak şikâyet sorumluluğunu tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın birincil hedefi olan veri erişimini artırmak ve makine öğrenimi modellerinin potansiyelini kullanarak şikâyet yönetim sürecini optimize edilmesini sağlamışlardır. Bu yaklaşım, analiz edilmesi gereken birimlerin sayısını ve müşteri yanıt süresini azaltmakla kalmayıp, kalite yönetiminde bir paradigma değişimi gereksinimini vurgulamıştır. Gerçek müşteri şikâyet verilerini kullanarak 10 aşamadan oluşan bir metodoloji önermişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, makine öğrenimi modellerinin şikâyet sorumluluğunu %64 doğrulukla tahmin etme yeteneğini gösterirken, bu yaklaşımın Kalite 4.0 bağlamındaki önemini de ortaya koymuştur. Yapay zekâ teknikleri ve Kalite 4.0 ilkelerinin entegrasyonu, kalite yönetiminde dijitalleşme ve yapay zekâ kavramlarının uygulanmasına duyulan acil ihtiyaçı vurgulamışlardır.

Talaie ve diğ. (2024), Kalite 4.0'ın ev aletleri sektöründe nasıl uygulanabileceğini ve bu uygulamanın önündeki zorlukları ele almışlardır. Kalite 4.0'ın çeşitli endüstrilerde

karşılaştığı uygulama zorluklarına odaklanarak, bu bağlamda etkili faktörleri tanımlamayı ve analiz etmeyi amaçlamışlardır. İran'ın ev aletleri endüstrisindeki ilk on üretim şirketinden elde edilen verileri kullanarak, Kalite 4.0 uygulamasını etkileyen ana faktörleri belirlemişlerdir. Bulgular, Algılanan Zaman Tasarrufunun önemli bir etken olduğunu ve Vizyon ve Strateji faktöründeki iyileştirmelerin, Kalite 4.0 hakkındaki bilgi ve farkındalığı artırarak zincirleme etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Çalışmalarında, Kalite 4.0'ın benimsenmesini kolaylaştırmak için stratejik öneriler sunarak, kalite yönetimi alanında yeni bir bakış açısı ve değerli içgörüler sağlamışlardır.

Virmani ve diğ. (2024), Kalite 4.0'ın karşılaştığı başlıca engelleri ve bu engelleri aşmak için önerilen çözümleri, kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Araştırma, engellerin ve çözümlerin belirlenmesinde literatür taraması ve hibrit bir yaklaşım kullanmış, engel ağırlıkları, bulanık AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Tekniği kullanılarak çözümlerin önceliklendirilmesi sağlanmıştır. Çalışma, “Gelişmiş analitiklerin Kalite 4.0 girişimlerinde kullanılmaması” ve “Verilerin entegrasyon eksikliği” gibi engelleri öne çıkarmış, ayrıca “Kalite 4.0'a odaklanan bir liderlik geliştirme programı uygulamak” ve “Departmanlar arası eşler arası öğrenme ortamı” gibi çözümleri vurgulamıştır.

Wawak ve diğ. (2024), yükseköğretim kurumlarında Kalite 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanması için gereken koşulları ve anahtar faktörleri incelemişlerdir. Ayrıca, Kalite 4.0 prensiplerinin ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin entegrasyonunu artırmada Üçlü Heliks iş birliği çerçevesinin rolünü değerlendirmişlerdir. Çalışma, öğretim üyelerinin dijital beceriler kazanmasını ve sürekli mesleki gelişimini vurgularken, yükseköğretim kurumlarının bu süreci desteklemek için eğitim programları, atölye çalışmaları ve iş birliği fırsatları sunması gerektiğini belirtmiştir.

Alsadi ve diğ. (2025), Kalite 4.0 konusundaki araştırma durumunu çeşitli sektörlerde kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Literatür taraması, Kalite 4.0'ın uygulama alanlarını ve uygulama unsurlarını detaylı bir şekilde ele almıştır. Çalışma, Kalite 4.0'ın altı ana uygulama alanını vurgulamıştır. Kalite 4.0 üzerine yapılan çalışmaların, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri gibi coğrafi olarak farklı ülkelerde yoğunlaştığını ve işletme, yönetim ve muhasebe konularının önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Oliveira ve diğ. (2025), Kalite 4.0'ın literatürdeki bilgisini, ortaya çıkan alanları ve trendleri sistematik bir inceleme yöntemi kullanarak değerlendirmişlerdir. Scopus veri tabanında yaptıkları taramada, 367 belge arasında 146'sı keşifsel içerik analizi için

seçmişlerdir. Analizleri, Kalite 4.0'ın ne olduğu ve ne olması gerektiğine dair teorik tartışmalar sunmuştur. Bu bağlamda, beş ana kategori belirlemişlerdir. Bu kategoriler Endüstri 4.0 ve Kalitede Yeni Bir Yaklaşımın Yükselişi, Kalite 4.0 Yaklaşımına Yönelik Motivasyonlar ve Engel Faktörleri, Dijital Kalite Yönetim Sistemleri, Kalite Araçları ve Yalın Metodolojilerinin Kombinasyonu ve Kalite 4.0 Profesyonelleri olarak belirtmişlerdir. Çalışmalarında, Kalite 4.0'ın kavramsallaştırılması ve analiz edilmesine dair farklı yollar sunmuşlardır.

Kushwaha ve Talib (2025), Kalite 4.0 alanındaki bilgi durumunu, ortaya çıkan trendleri ve gelecekteki araştırma yönlerini kapsamlı bir şekilde inceleyen bir bibliyometrik analiz sunmuşlardır. Çalışma, literatürdeki önemli dergileri, yazarları, ülkeleri, makaleleri ve temaları belirlemek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca, atıf analizini kullanarak en etkili ve prestijli makaleler belirlenmiş ve anahtar kelime analiziyle araştırma temaları ve trendleri ortaya koymuşlardır. 2011'den Nisan 2023'e kadar yayımlanan 99 hakemli makalenin bibliyografik incelemesini yaparak, Kalite 4.0 alanındaki bilgi boşluklarını ve gelecekteki araştırma alanlarını belirlemişlerdir.

Literatürde son yıllarda, yapay zekâ, büyük veri, liderlik, kültür ve yetkinlik gibi faktörler, Kalite 4.0'ın başarısında belirleyici unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda, kalite faktörlerini önceliklendirmeye yönelik çok kriterli karar verme yöntemleri geliştirilmiştir (Saaty, 2013). Bu eğilim, tezde Pisagor AHP yöntemiyle Kalite 4.0 geçiş sürecindeki faktörlerin sistematik analizine teorik zemin sağlamaktadır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu çalışmada hizmet sektöründe Kalite 4.0 uygulamalarının incelenmesi ve bu kapsamda kalite yönetiminin, dijital dönüşüm sürecindeki rolünün değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda araştırmanın materyali, kalite kavramının evrimsel süreci, Kalite 4.0 felsefesi ve bu felsefenin hizmet sektöründeki yansımaları oluşturmaktadır. Yöntem olarak da dijital kalite yönetimi ekosisteminde karar verme süreçlerinde belirsizliklerin daha etkili yönetilmesini sağlayan Pisagor Bulanık AHP tercih edilmiştir. Bu yöntemin seçilme nedeni, klasik AHP'nin sağladığı sistematik karşılaştırma imkânını korurken, bulanık mantık yaklaşımı sayesinde uzman yargılarındaki belirsizlik ve öznel değerlendirmeleri daha doğru biçimde modele yansıtabilmesidir. Böylece, Kalite 4.0'a geçiş sürecinde etkili olan faktörler hem daha güvenilir hem de daha gerçekçi bir şekilde belirlenmiş ve önceliklendirilmiştir. Aşağıda Bölüm 3.1'de Materyal ve 3.2'de Yöntem sunulmuştur.

#### **3.1 Materyal**

Bu araştırmanın materyali, kalite kavramının evrimsel süreci, Kalite 4.0 felsefesi ve bu felsefenin hizmet sektöründeki yansımaları oluşturmaktadır. Geleneksel kalite anlayışı daha çok üretim sektörüyle ilişkilendirilse de günümüzde hizmet sektöründe de büyük bir önem taşımaktadır. Hizmet sektöründe kalite, somut çıktılardan ziyade müşteri deneyimi, süreç yönetimi, hız, güvenilirlik ve kişiselleştirilmiş hizmet gibi unsurlar üzerinden değerlendirilir.

##### **3.1.1 Kalite 4.0 Nedir?**

Kalite 4.0, kalite yönetiminin dördüncü dalgası olarak kabul edilir. Bu felsefe, önceki yaklaşımların istatistiksel ve yönetsel temellerine dayanarak geliştirilmiştir. Endüstriyel büyük veri ve yapay zekâ kullanımıyla, karmaşık mühendislik problemlerine yenilikçi çözümler sunmayı amaçlar (Kaya ve diğ., 2004; Kaya ve Engin, 2005). Kalite 4.0, akıllı karar alma süreçlerini desteklemek için deneysel öğrenme, bilgi keşfi ve gerçek zamanlı veri üretimi, toplanması ve analizi üzerine kurulu yeni bir paradigmayı temsil etmektedir (Escobar ve diğ., 2021).

Kalite 4.0, Endüstri 4.0 teknolojilerinin ürettiği büyük veri kümelerinden yararlanarak, KYS geliştirmeyi hedefleyen, veri odaklı kurumsal dönüşümü ifade eden önemli bir paradigmadır (Gunasekaran ve diğ., 2019). Bu paradigmatik değişim,

kuruluşların kalite yönetiminde reaktif yaklaşımdan proaktif yaklaşıma geçişini teşvik eder (Thekkoote, 2022). Prashar (2023) ve Sureshchandar (2022) yaptıkları çalışmalarda, Kalite 4.0 kapsamında dijital bir kalite yönetimi ekosistemi oluşturmak, merkezi bir veri platformu aracılığıyla dijital süreçlerin ve kalite yönetim sisteminin entegrasyonunu gerektiğini vurgulamışlardır. Bu dönüşüm, veri odaklı analizlerin, otomasyonun, gerçek zamanlı izleme ve kontrol sistemlerinin, öngörücü bakım süreçlerinin, gelişmiş iş birliği ortamlarının, etkin risk yönetimi ve uyumluluk mekanizmalarının entegre edilmesini kapsamaktadır (Babatunde, 2021).

### **3.1.2 Hizmet Sektöründe Kalite 4.0'a Geçiş Adımları**

Hizmet sektöründe Kalite 4.0'a geçiş adımları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

#### ***Adım 1:*** Mevcut Durum Analizi

Hizmet işletmeleri, mevcut kalite yönetim süreçlerini değerlendirerek güçlü ve zayıf yönlerini belirlemelidir. Bu analiz, dönüşüm için gereken gelişim alanlarını ortaya koyar.

#### ***Adım 2:*** Kalite Vizyonunun Belirlenmesi

Kuruluşlar, Kalite 4.0'a uygun bir kalite vizyonu geliştirmeli ve bu vizyonu net bir şekilde tanımlamalıdır.

#### ***Adım 3:*** Verilerin Elde Edilmesi ve Dijital İzlenebilirliğin Oluşturulması

Dijital dönüşüm için gerekli verilerin toplanması ve izlenebilirliğinin sağlanması, kalite yönetiminde şeffaflık ve doğruluk sağlar.

#### ***Adım 4:*** Veri Analitiği

Toplanan verilerin analizi, kalite süreçlerinin iyileştirilmesi için kritik öneme sahiptir.

#### ***Adım 5:*** Çalışanların Görev ve Yetkilerinin Dönüşümü

Kalite 4.0 uygulamalarına geçiş, çalışanların görev ve sorumluluklarının yeniden tanımlanmasını gerektirir.

#### ***Adım 6:*** Eğitim ve Farkındalık

Çalışanların dijital dönüşüm süreçlerine uyum sağlamaları için gerekli eğitimlerin verilmesi ve dijital farkındalığın artırılması önemlidir.

#### ***Adım 7:*** Sürekli İyileştirme

Kalite 4.0 uygulamaları, sürekli iyileştirme odaklı yöntemlerle desteklenmelidir.

### 3.2 Yöntem

Bu çalışmada, Kalite 4.0 geçiş sürecinde etkili olan faktörlerin önceliklendirilmesi amacıyla Pisagor Bulanık AHP yöntemi tercih edilmiştir. Literatürde çok kriterli karar verme yöntemleri farklı problem türlerine göre çeşitli bakış açıları sunmaktadır. Kalite 4.0 gibi çok boyutlu, dinamik ve yorum farklılıklarının doğal olarak ortaya çıktığı alanlarda bu yöntemin sunduğu esneklik, çalışmanın doğasına uygun bir analiz zemini sağlamaktadır.

Veriler, hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmelerinde çalışan uzmanlardan elde edilmiştir. Bu uzmanlardan elde edilen görüşler doğrultusunda, Kalite 4.0 çerçevesinde belirlenen faktörler, Pisagor Bulanık AHP yöntemiyle değerlendirilmiş ve hizmet sektöründe dijital kalite yönetimi uygulamalarının öncelikli alanları belirlenmiştir.

Bulanık kümeler, Zadeh (1965) 'in klasik küme teorisini genişleterek geliştirdiği bir matematiksel çerçevedir. Klasik kümelerde, bir elemanın kümeye ait olup olmadığı kesin ve net bir şekilde tanımlanırken, bulanık kümeler, kısmi üyelik kavramını benimsemektedir (Sarucan ve diğ., 2022). Bu yaklaşıma göre, bir eleman bir kümeye farklı derecelerde üye olabilir. Bulanık kümelerde, her bir elemana 0 ile 1 arasında bir üyelik değeri atanır ve bu değer, elemanın kümeye ait olma derecesini ifade eder. Üyelik değeri 1 olan eleman tamamen kümeye ait kabul edilirken, 0 olan eleman kümeye ait değildir. 0 ile 1 arasındaki üyelik değerleri ise elemanın kısmi üyelik derecesini gösterir (Zimmermann, 2010; Yıldız, 2016).

Pisagor Bulanık AHP yöntemi, Kalite 4.0 kapsamında karar verme süreçlerinde belirsizliklerin ve karmaşık değerlendirme faktörlerinin yönetiminde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, kalite yönetim sistemlerinde hem nicel hem de nitel verilerin bir arada değerlendirilebilmesini sağlayarak, daha hassas ve etkili kararlar alınmasına olanak tanır. Merkezi veri platformlarından elde edilen büyük verilerin analitik değerlendirilmesi ve Bulanık AHP'nin esnek yapısıyla birleşmesi, dijital kalite yönetim ekosistemine stratejik bir katkı sunmaktadır (Mardani ve diğ., 2018).

AHP, karmaşık ve çok faktörlü kararların alınmasında kullanılan yaygın birçok faktörlü karar verme yöntemidir (Sureshchandar ve Leisten, 2005; Sarucan ve diğ., 2024). Thomas Saaty tarafından 1970'lerde Wharton İşletme Okulu'nda geliştirilen AHP, dünyada en yaygın kullanılan karar verme araçlarından biri olarak kabul edilir (Baysal ve diğ., 2015). Etkinliği, bilgili karar vericiler tarafından benimsenip kullanılan binlerce gerçek uygulamada açıkça ortaya konmuştur (Sarucan ve diğ., 2021; Kannan, 2010). AHP, karar bilimleri alanında etkili bir araç olarak ortaya çıkışından bu yana, üretim ve

operasyon yönetimi ile çeşitli endüstrilerle bağlantılı pek çok farklı karar alanında uygulanmıştır (Oral ve Engin, 2024). AHP modelinde karar problemi, tepe noktasında genel hedef, ortada faktörler ve en altta karar alternatifleri yer alacak şekilde hiyerarşik bir yapıda temsil edilir. Bu yapı, AHP'nin temel üç seviyeli modelini tanımlar. Ancak, problemin gereksinimlerine bağlı olarak model, alt hedefler, alt faktörler ve senaryolar gibi ek seviyeleri de içerebilir (Saaty, 1980; Saaty, 1994).

Yapılan kaynak araştırması sonucunda, Pisagor Bulanık AHP yönteminin çok kriterli karar verme problemlerinde, özellikle de sıralama ve önceliklendirme gerektiren durumlarda yaygın olarak tercih edildiği gözlemlenmiştir. Buna karşılık, yenilik, dijital dönüşüm veya teknoloji tabanlı süreçlerin ele alındığı bazı çalışmalarda bu yönetime daha sınırlı şekilde yer verildiği dikkati çekmektedir. Bu gözlemler doğrultusunda, söz konusu yöntemin belirgin kriter setlerinin değerlendirildiği problemlerde daha sık kullanıldığı, ancak esnek yapısı sayesinde dinamik süreçlerde de uygulanabilir nitelikler taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu çalışma kapsamında da karar sürecinde belirsizliklerin ve uzman görüş farklılıklarının bulunması nedeniyle, Pisagor Bulanık AHP yöntemi uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir.

Pisagor Bulanık AHP, belirsizlik ve öznel değerlendirmeleri dikkate alarak karar verme sürecine katkı sağlayan bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Geleneksel AHP yaklaşımının yapısını, bulanık mantığın esnekliğiyle birleştiren bu yöntem, karar vericilerin belirsizlik içeren ifadelerini daha sistematik şekilde modele dahil etme imkânı sunar. Pisagor bulanık sayıları ise, dilsel değişkenlerin alt ve üst değerlerle ifade edilmesine olanak tanıyarak alternatifler arasındaki karşılaştırmaları daha ayrıntılı şekilde yapılabilir hâle getirmektedir.

Çizelge 3.1’de, Pisagor bulanık sayılarının üyelik ve üye olmama derecelerinin alt ve üst sınırları sunulmuştur. Bu dilsel değişkenler, karar vericilerin değerlendirme faktörlerine göre belirli aralıklarla tanımlanmış üyelik dereceleri ve üye olmama dereceleri üzerinden Pisagor bulanık sayılarının değerlerini göstermektedir.

**Çizelge 3.1** Dilsel Değişkenler ve Pisagor Bulanık Sayıları

| Dilsel Değişkenler | Pisagor Bulanık Sayıları  |                           |                           |                           |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                    | Üyelik Derecesinin        | Üyelik Derecesinin        | Üye Olmama Derecesinin    | Üye Olmama Derecesinin    |
|                    | Alt Değeri<br>( $\mu L$ ) | Üst Değeri<br>( $\mu U$ ) | Alt Değeri<br>( $\nu L$ ) | Üst Değeri<br>( $\nu U$ ) |
| KDÖ                | 0,000                     | 0,000                     | 0,900                     | 1,000                     |
| ÇDÖ                | 0,100                     | 0,200                     | 0,800                     | 0,900                     |
| DÖ                 | 0,200                     | 0,350                     | 0,650                     | 0,800                     |
| OAÖ                | 0,350                     | 0,450                     | 0,550                     | 0,650                     |
| OÖ                 | 0,450                     | 0,550                     | 0,450                     | 0,550                     |
| OÜÖ                | 0,550                     | 0,650                     | 0,350                     | 0,450                     |
| YÖ                 | 0,650                     | 0,800                     | 0,200                     | 0,350                     |
| ÇYÖ                | 0,800                     | 0,900                     | 0,100                     | 0,200                     |
| KYÖ                | 0,900                     | 1,000                     | 0,000                     | 0,000                     |
| TOE                | 0,197                     | 0,197                     | 0,197                     | 0,197                     |

Çizelge 3.1, Pisagor bulanık sayılarının uygulama doğruluğunu artırmak için önemli bir araçtır. Bu çizelge, her bir dilsel değişkenin (KDÖ-Kesin Değer Önemi; ÇDÖ-Çok Düşük Öneme Sahip; DÖ-Düşük Öneme Sahip; OAÖ-Orta Alt Öneme Sahip; OÖ-Orta Öneme Sahip; OÜÖ-Orta Üst Öneme Sahip; YÖ-Yüksek Öneme Sahip; ÇYÖ-Çok Yüksek Öneme Sahip; KYÖ-Kesin Yüksek Öneme Sahip; TOE-Toplam Ortalama Değeri) yerini ve önemini belirlemede yardımcı olur.

“KDÖ” dilsel değişkeni için üyelik derecesinin alt ve üst değeri sırasıyla 0 ve 0,9 iken, üye olmama derecesinin alt ve üst değeri 0,9 ve 1,0’dır. Benzer şekilde, diğer dilsel değişkenler için de üyelik derecelerinin ve üye olmama derecelerinin değerleri belirlenmiştir. Bu değerler, karar verme sürecindeki alternatiflerin karar faktörleriyle olan ilişkisini bulanık bir şekilde ifade eder.

Pisagor bulanık AHP yöntemini kullanarak karar vericiler, alternatiflerin uygunluğunu daha doğru bir şekilde değerlendirebilir. Çizelge 3.1, bu süreci daha verimli hale getiren bir referans kaynağı olarak, dilsel değişkenlerin bulanık sayısal değerlerle nasıl ilişkilendirileceğini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Pisagor Bulanık AHP yönteminin adımları aşağıda sunulmuştur (Çelik ve Yıldız, 2024).

**Adım 1:** Karar vericiler, Çizelge 3.1’deki ölçeği kullanarak faktörleri veya alternatifleri ikili olarak karşılaştırır ve bu doğrultuda ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

**Adım 2:** Denklem 3.1 ve 3.2 kullanılarak, üyelik ve üye olmama fonksiyonlarının alt ve üst noktaları arasındaki fark matrisinin,  $D = (d_{ik})_{m \times m}$  matrisi hesaplanır.

$$d_{ik} = \mu_L^2 - v_U^2 \quad (3.1)$$

$$d_{ik}^u = \mu_U^2 - v_L^2 \quad (3.2)$$

**Adım 3:** Denklem 3.3 ve 3.4 yardımıyla,  $S = (s_{ik})_{m \times m}$  çarpımsal matris, hesaplanır.

$$s_{ik} = \sqrt{1 - d_{ik}} \quad (3.3)$$

$$s_{ik}^u = \sqrt{1 - d_{ik}^u} \quad (3.4)$$

**Adım 4:** Denklem 3.5 yardımıyla her faktör için kesinlik dereceleri hesaplanır.

$$\tau_{ik} = 1 - (\mu_L^2 - v_U^2) \quad (3.5)$$

**Adım 5:** Denklem 3.6 yardımıyla hem belirlilik dereceleri hem de çarpım matrisi kullanarak normalizasyon öncesi ağırlıklar belirlenir.

$$t_{ik} = \left( \frac{s_{ik} + s_{ik}^u}{2} \right) \cdot \tau_{ik} \quad (3.6)$$

**Adım 6:** Önem ağırlıkları,  $w_i$  Denklem 3.7 yardımı ile hesaplanır.

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^m t_{ik}}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m t_{ik}} \quad (3.7)$$

Yukarıda belirtilen adımlar temel alınarak, kalite verimliliğini etkileyen faktörler önceliklendirilmiştir.

#### 4. UYGULAMA

Gelişen dijital teknolojiler, hizmet sektöründe kalite anlayışını yeniden şekillendirmekte ve işletmeleri dijital dönüşüm süreçlerini benimsemeye zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda iş modelleri ve yönetim sistemleri önümüzdeki on yılda önemli ölçüde değişmeye devam edecek; gelişmiş kalite yönetiminin bu tür değişimlere katkıda bulunabilmesi için, Kalite 4.0 konsepti doğrultusunda sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir (Nenadál ve diğ., 2022).

Kalite 4.0, popüler bir kavram haline gelmiştir. Radziwill (2018) 'e göre, kalite 4.0 dijital dönüşüm yoluyla performans mükemmelliği için arayıştır. Hizmet sektöründe dijital dönüşüm süreci, yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmamakta, aynı zamanda müşteri beklentilerine daha hızlı ve esnek yanıt verebilen kalite sistemlerinin oluşumunu da beraberinde getirmektedir. Bu çerçevede, hizmet sektöründe dijital dönüşümün yalnızca teknolojik bir yenilenme olarak değil, aynı zamanda bütüncül bir kalite stratejisi olarak ele alınması gerekmektedir.

##### 4.1. Kalite Faktörlerinin Belirlenmesi

Kalite 4.0'ın hizmet sektörüne entegrasyonunun yollarını araştırmak ve bu teknolojilerin hizmet süreçlerindeki verimliliği artırma, müşteri memnuniyetini iyileştirme ve maliyetleri düşürme potansiyelini değerlendirmek, çalışmanın bir diğer önemli amacını oluşturmaktadır. Hizmet sektöründe kalite yönetimi için uygulanabilir bir Kalite 4.0 modeli geliştirilmesi, bu hedef doğrultusunda gerçekleştirilecektir. Bu çalışmada, kalite faktörlerinin belirlenmesi ve önem sırasına göre sıralanması üzerinde durulacaktır. Bu faktörler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

**Dijitalleşme ve Otomasyon:** Endüstri 4.0, işletmelerin dönüşüm sürecine yardımcı olan teknolojik araçlar içermektedir. Temelini dijitalleşme ve otomasyondan alan Endüstri 4.0'ın öncü uygulamaları, birçok endüstri alanındaki gelişmeleri de oldukça hızlı bir şekilde etkilemektedir. Barreto ve diğ. (2017); Kumar ve diğ. (2022) çalışmalarında dijital teknolojilerin kalite yönetimi süreçlerini nasıl dönüştürdüğünü ve otomasyonun kaliteyi nasıl artırabileceğini incelemiştir. Dijital araçlar sayesinde, kalite kontrol ve izleme süreçlerinin otomatik hale getirilmesi, verimliliği artırma hedefiyle ele alınmıştır.

**Veri Analitiği ve Yapay Zekâ:** Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 dönemiyle birlikte kalite anlayışı yeniden önemli bir değişim geçirmiştir ve Kalite 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. Kalite 4.0, teknolojik ilerlemelerin kalite yönetimine entegrasyonunu vurgular ve ürün ve

üretim süreçlerinde veri analitiği, yapay zekâ, nesnelerin interneti gibi Endüstri 4.0 araçlarının kullanımını içermektedir (Bilgin ve diğ., 2023).

**Proaktif Kalite Yönetimi:** Saihi ve diğ. (2023) çalışmalarında proaktif kalite yöntemini, sorunlarını önceden tespit etmek ve önlemek için kullanmışlardır. Proaktif kalite yönetimi anlayışı, veri toplama ve analitik araçlarla kalite sorunlarının önceden tespiti ve hızlı çözümü için büyük bir fırsat sunmaktadır.

**Süreç İzleme ve Şeffaflık:** Endüstri 4.0, dijitalleşme, özerkleştirme, şeffaflık, mobilite, modülerleştirme, ağ iş birliği ve ürün ile süreçlerin sosyalleşmesi eğilimlerini ele alan, bir değer zincirinde ortaya çıkan ve uygulanan tüm yıkıcı yeniliklerin toplamı olarak tanımlanmakta ve yedi ayırt edici özelliği ile karakterize edilmektedir (Pfohl ve diğ., 2015).

**Müşteri Odaklılık ve Memnuniyet:** Müşteri geri bildirimlerini toplamak ve analiz etmek, kaliteyi iyileştirme açısından önemli bir faktördür. Kalite 4.0, müşteri odaklı kalite anlayışını dijital araçlarla destekler. Sureshchandar (2023) çalışmasında Kalite 4.0'ın ölçülmesi için bir model geliştirilmiş ve faktör analizine dayanarak bu faktörlerin ilişkileri ve önemi doğrulama süreciyle incelemiştir. Dijitalleşme, otomasyon, veri analitiği, müşteri odaklılık ve sürekli iyileştirme gibi unsurlar, Kalite 4.0'ın önemli faktörleri olarak tanımlanmıştır ve bu faktörler arasındaki ilişkiler Doğrulayıcı Faktör Analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir.

**Sürekli İyileştirme ve Yenilik:** İnovasyon ve yenilikçi fikirlerin dijital araçlarla nasıl teşvik edilebileceğine dair stratejiler sunmaktadır. Liderler, yetkinlik, gözetim, güvenlik ve denetim yeteneği gibi konularda hedeflerini karşılayan güvenli ve tekrarlanabilir bir veri paylaşım stratejisi oluşturmalı ve nasıl iş birliği yapacaklarını düşünmelidir. Yenilik ve kalite iyileştirme faaliyetleri için temel destek unsurudur (Jacob, 2017).

**Yönetim Desteği ve Liderlik:** Yalın Altı Sigma projelerinin başarılı olabilmesi için üst yönetimin desteği ve liderliğinin önemi büyüktür. Yadav ve diğ.(2021) çalışmalarında Kalite 4.0'ı benimseyen liderlerin, dijitalleşme ve teknoloji odaklı süreç iyileştirme stratejilerini desteklemeleri gerektiğini vurgulamıştır.

**Hizmet Kalitesi:** Hizmetin sunulma şekli ve müşteri memnuniyetini kapsamaktadır. Hizmetin hız, güvenilirlik, etkileşim kalitesi ve sonuçların tatmin ediciliği gibi faktörler bu faktöre dahil edilmektedir Amat-Lefort ve diğ. (2023).

Araştırmada belirlenen, Kalite Verimliliğini etkileyen faktörler Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.1** Çalışma Kapsamında Belirlenen Kalite Verimliliğini Etkileyen Faktörler

| Etkileyen Faktör Sayısı | Faktör                          | Referans                    |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| EF-1                    | Dijitalleşme ve Otomasyon       | Saihi ve diğ. (2023).       |
| EF-2                    | Veri Analitiği ve Yapay Zekâ    | Kumar ve diğ. (2022).       |
| EF-3                    | Proaktif Kalite Yönetimi        | Broday (2022).              |
| EF-4                    | Süreç İzleme ve Şeffaflık       | Saihi ve diğ. (2023).       |
| EF-5                    | Müşteri Odaklılık ve Memnuniyet | Sureshchandar (2023).       |
| EF-6                    | Sürekli İyileştirme ve Yenilik  | Kumar ve diğ. (2022).       |
| EF-7                    | Yönetim Desteği ve Liderlik     | Yadav ve diğ. (2021).       |
| EF-8                    | Hizmet Kalitesi                 | Amat-Lefort ve diğ. (2023). |

Çizelge 4.1’de sunulan faktörler (EF-1: Etkileyen Faktör-1, vd.) göz önünde bulundurulduğunda, kalite verimliliğini etkileyen faktörün belirlenmesi, geleneksel yöntemlerle oldukça sınırlı ve öznel bir değerlendirme gerektirir. Bu durumun temel nedeni, her bir faktörün etkisini yalnızca “etkili” (1) ya da “etkisiz” (0) gibi keskin ve net değerlerle ifade etmenin, değerlendirme sürecinin karmaşıklığını yansıtmakta yetersiz kalmasıdır. Bu yüzden, klasik yöntemler yerine, 1- 0 mantığına alternatif olarak çok az etkiden çok yüksek etkiye kadar aralıktaki diğer değerleri dikkate alan bulanık kümeler yöntemlerini kullanmak daha uygun olacaktır. Bu bağlamda, Pisagor bulanık AHP yöntemi tercih edilmiştir.

## **4.2 Hizmet Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmeler İçin Kalite Verimlilik Faktör Karşılaştırılması**

Hizmet sektöründe faaliyet gösteren üç ayrı alanda yer alan işletmeler için kalite verimlilik faktör karşılaştırılması yapılmıştır. Bu alanlar, elektrik dağıtım şirketi, özel banka ve telekomünikasyon işletmesidir. Kalite 4.0 kapsamında belirlenen kalite verimliliği faktörlerinin önem dereceleri, Pisagor Bulanık AHP yöntemiyle analiz edilmiştir. Tüm işletmelerde aynı metodolojik adımlar uygulanmıştır.

### **4.2.1 Elektrik Dağıtım Şirketi İçin Uygulama**

Hizmet sektöründe faaliyet gösteren bir elektrik dağıtım işletmesinde kalite verimliliği faktörleri dilsel karşılaştırma yoluyla değerlendirilmiştir.

**Adım 1:** Çizelge 4.1’de sunulan faktörler, elektrik dağıtım işletmesinde, müşteri hizmetleri, kalite güvence, saha operasyonları ve yönetsel birimlerde çalışan, farklı uzmanlık alanlarına sahip kişiler tarafından değerlendirilmiştir. Çalışmada, mesleki deneyimleri 5 ile 11 yıl arasında değişen toplam 7 katılımcının ortak görüşleri dikkate

alınmıştır. Bu kapsamda, etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi, saha deneyimi ve yönetsel bakış açısını birlikte yansıtacak şekilde bir uzman grubun katkısıyla gerçekleştirilmiştir. Karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmeler Çizelge 3.1'de verilen ölçek kullanılarak yürütülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.2' de çiftler arası karşılaştırma matrisi aracılığıyla elde edilmiştir.

**Çizelge 4.2** Kalite Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

|      | EF-1 | EF-2 | EF-3 | EF-4 | EF-5 | EF-6 | EF-7 | EF-8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| EF-1 | KDÖ  | OÖ   | YÖ   | YÖ   | OÜÖ  | OÜÖ  | YÖ   | ÇYÖ  |
| EF-2 | OÖ   | KDÖ  | YÖ   | OÜÖ  | OÖ   | OÜÖ  | YÖ   | KYÖ  |
| EF-3 | DÖ   | DÖ   | KDÖ  | OÖ   | OAÖ  | OAÖ  | OÖ   | YÖ   |
| EF-4 | DÖ   | OAÖ  | OÖ   | KDÖ  | OÖ   | OAÖ  | OÖ   | OÜÖ  |
| EF-5 | OAÖ  | OÖ   | OÜÖ  | OÖ   | KDÖ  | OÖ   | OÜÖ  | YÖ   |
| EF-6 | OAÖ  | OAÖ  | OÜÖ  | OÜÖ  | OÖ   | KDÖ  | OAÖ  | OÖ   |
| EF-7 | DÖ   | DÖ   | OÖ   | OÖ   | OAÖ  | OÜÖ  | KDÖ  | OÜÖ  |
| EF-8 | ÇDÖ  | KDÖ  | DÖ   | OAÖ  | DÖ   | OÖ   | OAÖ  | KDÖ  |

Çizelge 4.2, her bir faktörün hizmet sektöründe Kalite 4.0'a geçiş açısından diğer faktörlerle olan göreceli önem derecelerini net bir şekilde belirlemektedir. Bu tür bir matris, çok faktörlü karar analizi (AHP) gibi yöntemlerde faktörler arasında nasıl bir sıralama yapılacağına yardımcı olmaktadır.

Çizelge sonucunda elde edilen ağırlıklar, her bir faktörün uygulamada ne kadar etkili olacağı konusunda daha bilinçli kararlar alınmasını sağlamaktadır.

**Adım 2:** Üyelik ve üye olmama fonksiyonlarının alt ve üst noktaları arasındaki fark matrisi, Denklem 3.1 ve 3.2 ile hesaplanarak Çizelge 4.3 ve 4.4' te sunulmuştur.

**Çizelge 4.3** Üyelik ve Üye Olmama Fonksiyonlarının Alt Noktaları Arasındaki Fark Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,000 | 0,900 | 0,400 | 0,400 | 0,700 | 0,700 | 0,400 | 0,200 |
| EF-2 | 0,900 | 0,000 | 0,700 | 0,700 | 0,900 | 0,900 | 0,400 | 0,000 |
| EF-3 | 0,700 | 0,700 | 0,000 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,700 |
| EF-4 | 0,700 | 0,400 | 0,700 | 0,000 | 0,700 | 0,900 | 0,700 | 0,700 |
| EF-5 | 0,400 | 0,100 | 0,700 | 0,700 | 0,000 | 0,900 | 0,700 | 0,700 |
| EF-6 | 0,400 | 0,100 | 0,700 | 0,900 | 0,700 | 0,000 | 0,700 | 0,900 |
| EF-7 | 0,700 | 0,600 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,000 | 0,700 |
| EF-8 | 0,400 | 0,190 | 0,700 | 0,900 | 0,700 | 0,700 | 0,900 | 0,000 |

Çizelge 4.3, faktörler arası göreceli önemi ve etkileşimleri sayısal bir biçimde göstererek, hangi faktörlerin birbirine göre daha önemli olduğunu belirlemektedir.

Bu, faktörlerin sıralanması ve karşılaştırılması açısından temel veriler sunmaktadır. Bu sayede hizmet sektörü için Kalite 4.0 uygulamalarında hangi faktörlere öncelik verilmesi gerektiği konusunda daha bilinçli kararlar alınabilmektedir.

Faktörler arası göreceli farkları ve ilişkiler Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.4** Üyelik ve Üye Olmama Fonksiyonlarının Üst Noktaları Arasındaki Fark Matrisi

|      | EF-1   | EF-2   | EF-3   | EF-4   | EF-5   | EF-6   | EF-7   | EF-8  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| EF-1 | 1,000  | 0,100  | 0,600  | 0,600  | 0,300  | 0,300  | 0,600  | 0,800 |
| EF-2 | 0,100  | 1,000  | 0,600  | 0,300  | 0,100  | 0,300  | 0,600  | 1,000 |
| EF-3 | -0,300 | -0,300 | 1,000  | 0,100  | -0,100 | -0,100 | 0,100  | 0,600 |
| EF-4 | -0,300 | -0,100 | 0,100  | 1,000  | 0,100  | -0,100 | 0,100  | 0,300 |
| EF-5 | -0,100 | 0,100  | 0,300  | 0,100  | 1,000  | 0,100  | 0,300  | 0,600 |
| EF-6 | -0,100 | -0,100 | 0,300  | 0,300  | 0,100  | 1,000  | -0,100 | 0,100 |
| EF-7 | -0,300 | -0,300 | 0,100  | 0,100  | -0,100 | 0,300  | 1,000  | 0,300 |
| EF-8 | -0,600 | -0,810 | -0,300 | -0,100 | -0,300 | 0,100  | -0,100 | 1,000 |

Çizelge 4.4'teki sayılar, faktörlerin birbirlerine göre göreceli üstünlüklerini ve önem sıralarını yansıtır.

Faktörler arası göreceli önem sırasını ve hangi faktörlerin daha fazla önem taşıdığını açıkça göstermektedir. Pozitif değerler, faktörler arasında üstünlük ilişkisini, negatif değerler ise bir faktörün diğerine göre daha az kritik olduğunu göstermektedir.

**Adım 3:** Çarpımsal matris, Denklem 3.3 ve 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır. Alt ve üst noktaların çarpımsal matrisi Çizelge 4.5 ve 4.6' da sunulmuştur.

**Çizelge 4.5** Alt Noktaların Çarpımsal Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,436 | 1,049 | 0,837 | 0,837 | 0,949 | 0,949 | 0,837 | 0,633 |
| EF-2 | 1,049 | 0,436 | 0,837 | 0,949 | 1,049 | 0,949 | 0,837 | 0,436 |
| EF-3 | 1,265 | 1,265 | 0,436 | 1,049 | 1,140 | 1,140 | 1,049 | 0,837 |
| EF-4 | 1,265 | 1,140 | 1,049 | 0,436 | 1,049 | 1,140 | 1,049 | 0,949 |
| EF-5 | 1,140 | 1,049 | 0,949 | 1,049 | 0,436 | 1,049 | 0,949 | 0,837 |
| EF-6 | 1,140 | 1,140 | 0,949 | 0,949 | 1,049 | 0,436 | 1,140 | 1,049 |
| EF-7 | 1,265 | 1,265 | 1,049 | 1,049 | 1,140 | 0,949 | 0,436 | 0,949 |
| EF-8 | 1,342 | 1,414 | 1,265 | 1,140 | 1,265 | 1,049 | 1,140 | 0,436 |

**Çizelge 4.6** Üst Noktaların Çarpımsal Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,000 | 0,949 | 0,633 | 0,633 | 0,837 | 0,837 | 0,633 | 0,447 |
| EF-2 | 0,949 | 0,000 | 0,633 | 0,837 | 0,949 | 0,837 | 0,633 | 0,000 |
| EF-3 | 1,140 | 1,140 | 0,000 | 0,949 | 1,049 | 1,049 | 0,949 | 0,633 |
| EF-4 | 1,140 | 1,049 | 0,949 | 0,000 | 0,949 | 1,049 | 0,949 | 0,837 |
| EF-5 | 1,049 | 0,949 | 0,837 | 0,949 | 0,000 | 0,949 | 0,837 | 0,633 |
| EF-6 | 1,049 | 1,049 | 0,837 | 0,837 | 0,949 | 0,000 | 1,049 | 0,949 |
| EF-7 | 1,140 | 1,140 | 0,949 | 0,949 | 1,049 | 0,837 | 0,000 | 0,837 |
| EF-8 | 1,265 | 1,345 | 1,140 | 1,049 | 1,140 | 0,949 | 1,049 | 0,000 |

Çizelge 4.5 ve 4.6 faktörler arasındaki göreceli önem oranlarını veya ağırlıkları gösteren bir karşılaştırma matrisidir. Her bir hücredeki sayı, iki faktör arasındaki göreceli önemin farkını yansıtır. Bu tür bir matris, özellikle çok faktörlü karar analizi yöntemlerinde, hangi faktörlerin diğerlerine göre daha baskın olduğunu anlamak için kullanılmaktadır (Sarucan ve diğ., 2024).

**Adım 4:** Determinasyon dereceleri Denklem 3.5 yardımıyla hesaplanmaktadır. Kalite verimliliğini etkileyen faktörlerin determinasyon dereceleri Çizelge 4.7’ de sunulmuştur.

**Çizelge 4.7** Etkiliyen Faktörlerin Determinasyon Dereceleri

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,190 | 1,100 | 0,700 | 0,700 | 0,900 | 0,900 | 0,700 | 0,400 |
| EF-2 | 1,100 | 0,190 | 0,700 | 0,900 | 1,100 | 0,900 | 0,700 | 0,190 |
| EF-3 | 1,600 | 1,600 | 0,190 | 1,100 | 1,300 | 1,300 | 1,100 | 0,700 |
| EF-4 | 1,600 | 1,300 | 1,100 | 0,190 | 1,100 | 1,300 | 1,100 | 0,900 |
| EF-5 | 1,300 | 1,100 | 0,900 | 1,100 | 0,190 | 1,100 | 0,900 | 0,700 |
| EF-6 | 1,300 | 1,300 | 0,900 | 0,900 | 1,100 | 0,190 | 1,300 | 1,100 |
| EF-7 | 1,600 | 1,600 | 1,100 | 1,100 | 1,300 | 0,900 | 0,190 | 0,900 |
| EF-8 | 1,800 | 2,000 | 1,600 | 1,300 | 1,600 | 1,100 | 1,300 | 0,190 |

Çizelge 4.7, faktörler arasındaki karşılaştırmalı ağırlıkları yansıtan bir matrisi göstermektedir.

**Adım 5:** Denklem 3.6 yardımıyla önceden normalleştirilmiş ağırlıklar hesaplanmaktadır. Normalizasyondan önce ağırlık matrisi Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.8** Normalizasyondan Önce Ağırlık Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,041 | 1,099 | 0,514 | 0,514 | 0,803 | 0,803 | 0,514 | 0,216 |
| EF-2 | 1,099 | 0,041 | 0,514 | 0,803 | 1,099 | 0,803 | 0,514 | 0,041 |
| EF-3 | 1,924 | 1,924 | 0,041 | 1,099 | 1,423 | 1,423 | 1,099 | 0,514 |
| EF-4 | 1,924 | 1,423 | 1,099 | 0,041 | 1,099 | 1,423 | 1,099 | 0,803 |
| EF-5 | 1,423 | 1,099 | 0,803 | 1,099 | 0,041 | 1,099 | 0,803 | 0,514 |
| EF-6 | 1,423 | 1,423 | 0,803 | 0,803 | 1,099 | 0,041 | 1,423 | 1,099 |
| EF-7 | 1,924 | 1,924 | 1,099 | 1,099 | 1,423 | 0,803 | 0,041 | 0,803 |
| EF-8 | 2,346 | 2,760 | 1,924 | 1,423 | 1,924 | 1,099 | 1,423 | 0,041 |

Çizelge 4.8, faktörler arasındaki karşılaştırmalı ağırlıkları gösteren bir matrisi daha sunmaktadır. Bu tür tablolar genellikle çok faktörlü karar analizi bağlamında kullanılır.

**Adım 6:** Her faktörün önem ağırlıkları Denklem 3.7 kullanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.9’da sunulmuştur.

**Çizelge 4.9** Faktörlerin Önem Ağırlığı ve Sıralaması

| Etkileyen Faktör Sayısı | Normalizasyon Öncesi Ağırlık | Normalize Edilmiş Önem Ağırlık | Sıralama |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|
| EF-8                    | 12,939                       | 0,200                          | 1        |
| EF-3                    | 9,447                        | 0,146                          | 2        |
| EF-7                    | 9,116                        | 0,141                          | 3        |
| EF-4                    | 8,910                        | 0,137                          | 4        |
| EF-6                    | 8,114                        | 0,125                          | 5        |
| EF-5                    | 6,881                        | 0,106                          | 6        |
| EF-2                    | 4,915                        | 0,076                          | 7        |
| EF-1                    | 4,505                        | 0,070                          | 8        |

Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek ağırlığa sahip faktör Hizmet Kalitesi (EF-8) olarak belirlenmiştir. Bu faktör, dağıtım sektöründe müşteri memnuniyeti, hızlı müdahale ve sürdürülebilir hizmet sağlama açısından kritik bir öneme sahiptir. Proaktif Kalite Yönetimi (EF-3) ikinci sırada yer almakta olup, olası kalite sorunlarının önceden tespit edilerek engellenmesi yönüyle önemli katkı sağlamaktadır. Üçüncü sırada Yönetim Desteği ve Liderlik (EF-7) bulunmakta; bu da üst yönetimin kalite politikalarına verdiği desteğin, dönüşüm sürecinin başarısı üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Süreç İzleme ve Şeffaflık (EF-4) faktörü ise dördüncü sırada yer almakta olup, tüm süreçlerin izlenebilirliği ve açıklığı sayesinde kalite performansının ölçülebilir ve sürdürülebilir hale geldiğini göstermektedir.

Bu sıralama, Kalite 4.0 geçiş sürecinde odaklanılması gereken öncelikli alanları ortaya koymakta ve stratejik kalite yönetimi açısından önemli bir yol haritası sunmaktadır.

#### 4.2.2 Özel Banka İçin Uygulama

Bankacılık sektöründe dijital dönüşüm uygulamaları, müşteri memnuniyeti odaklı hizmetler, süreç otomasyonları ve yapay zekâ destekli analiz sistemleri gibi Kalite 4.0 bileşenlerinin yoğun olarak kullanılması nedeniyle, hizmet sektöründe faaliyet gösteren özel bir banka çalışmaya dahil edilmiştir.

Elektrik dağıtım şirketinde izlenen adımlar bu işletme için de birebir uygulanmıştır. Bankacılık sektöründe kalite yönetimi, dijitalleşme ve müşteri ilişkileri alanlarında görev yapan uzmanlardan oluşturulmuştur. Katılımcılar; dijital bankacılık, operasyon, insan kaynakları, bilgi teknolojileri ve kalite yönetimi gibi birimlerde çalışan ve süreçlerle doğrudan ilişkili kişilerden seçilmiştir. Mesleki deneyimleri 6 ile 9 yıl arasında değişen ortak görüşleri dikkate alınmıştır. Toplam 6 uzmanın ortak değerlendirmeleri esas alınmıştır. Karar vericiler tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar dilsel değişkenlerle ifade edilmiştir ve karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Bu matriste yer alan dilsel veriler, Pisagor bulanık sayılara dönüştürülerek analiz süreci yürütülmüştür.

**Adım 1:** Çizelge 4.1’de sunulan faktörler, uzmanlık alanlarına sahip 6 kişi tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, Çizelge 3.1’de belirtilen ölçek temel alınarak yapılmış, sonuçlar ise Çizelge 4.10’daki çiftler arası karşılaştırma matrisi üzerinden elde edilmiştir.

**Çizelge 4.10** Kalite Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

|      | EF-1 | EF-2 | EF-3 | EF-4 | EF-5 | EF-6 | EF-7 | EF-8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| EF-1 | KDÖ  | KYÖ  | KYÖ  | ÇYÖ  | KYÖ  | YÖ   | OÜÖ  | OÖ   |
| EF-2 | KDÖ  | KDÖ  | KYÖ  | YÖ   | ÇYÖ  | YÖ   | OÜÖ  | OÖ   |
| EF-3 | KDÖ  | KDÖ  | KDÖ  | YÖ   | YÖ   | YÖ   | OÖ   | OÖ   |
| EF-4 | ÇDÖ  | DÖ   | DÖ   | KDÖ  | OÖ   | YÖ   | OÖ   | DÖ   |
| EF-5 | KDÖ  | ÇDÖ  | DÖ   | OÖ   | KDÖ  | YÖ   | YÖ   | OÖ   |
| EF-6 | DÖ   | DÖ   | DÖ   | DÖ   | DÖ   | KDÖ  | OÖ   | OAÖ  |
| EF-7 | OAÖ  | OAÖ  | OÖ   | OÖ   | DÖ   | OÖ   | KDÖ  | OÖ   |
| EF-8 | OÖ   | OÖ   | OÖ   | YÖ   | OÖ   | OÜÖ  | OÖ   | KDÖ  |

Çizelge 4.10, her bir faktörün hizmet sektöründe Kalite 4.0’a geçiş süreci açısından diğer faktörlere göre göreceli önem derecelerini açık bir şekilde ortaya

koymaktadır. Bu tür bir matris, çok faktörlü karar verme yöntemleri (AHP gibi) kapsamında faktörler arasında sıralama yapılmasına katkı sağlamaktadır.

Çizelge sonucunda elde edilen ağırlıklar, her bir faktörün uygulamadaki etkisini daha bilinçli değerlendirmeye ve karar almaya imkân tanımaktadır.

**Adım 2:** Üyelik ve üye olmama fonksiyonlarının alt ve üst sınırları arasındaki fark matrisi, Denklem 3.1 ve 3.2 kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.11 ile Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.11** Üyelik ve Üye Olmama Fonksiyonlarının Alt Noktaları Arasındaki Fark Matrisi

|      | EF-1   | EF-2   | EF-3   | EF-4   | EF-5   | EF-6   | EF-7   | EF-8   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EF-1 | 0,810  | 0,810  | 0,810  | 0,600  | 0,810  | 0,300  | 0,100  | -0,100 |
| EF-2 | -1,000 | 0,810  | 0,810  | 0,300  | 0,600  | 0,300  | 0,100  | -0,100 |
| EF-3 | -1,000 | -1,000 | 0,810  | 0,300  | 0,300  | 0,300  | -0,100 | -0,100 |
| EF-4 | -0,800 | -0,600 | -0,600 | 0,810  | -0,100 | 0,300  | -0,100 | -0,600 |
| EF-5 | -1,000 | -0,800 | -0,600 | -0,100 | 0,810  | 0,300  | 0,300  | -0,100 |
| EF-6 | -0,600 | -0,600 | -0,600 | -0,600 | -0,600 | 0,810  | -0,100 | -0,300 |
| EF-7 | -0,300 | -0,300 | -0,100 | -0,100 | -0,600 | -0,100 | 0,810  | -0,100 |
| EF-8 | -0,100 | -0,100 | -0,100 | 0,300  | -0,100 | 0,100  | -0,100 | 0,810  |

Çizelge 4.11, faktörler arasındaki göreceli önemi ve etkileşimleri sayısal olarak göstererek, hangi faktörlerin diğerlerine kıyasla daha öncelikli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, faktörlerin sıralanması ve karşılaştırılması için temel bir veri sağlamaktadır. Böylece, hizmet sektöründe Kalite 4.0 uygulamaları kapsamında hangi faktörlere öncelik verilmesi gerektiği konusunda daha bilinçli kararlar alınabilmektedir.

Faktörler arasındaki göreceli farklar ve ilişkiler ise Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.12** Üyelik ve Üye Olmama Fonksiyonlarının Üst Noktaları Arasındaki Fark Matrisi

|      | EF-1   | EF-2   | EF-3   | EF-4   | EF-5   | EF-6  | EF-7  | EF-8   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| EF-1 | 1,000  | 1,000  | 1,000  | 0,800  | 1,000  | 0,600 | 0,300 | 0,100  |
| EF-2 | -0,810 | 1,000  | 1,000  | 0,600  | 0,800  | 0,600 | 0,300 | 0,100  |
| EF-3 | -0,810 | -0,810 | 1,000  | 0,600  | 0,600  | 0,600 | 0,100 | 0,100  |
| EF-4 | -0,600 | -0,300 | -0,300 | 1,000  | 0,100  | 0,600 | 0,100 | -0,300 |
| EF-5 | -0,810 | -0,600 | -0,300 | 0,100  | 1,000  | 0,600 | 0,600 | 0,100  |
| EF-6 | -0,300 | -0,300 | -0,300 | -0,300 | -0,300 | 1,000 | 0,100 | -0,100 |
| EF-7 | -0,100 | -0,100 | 0,100  | 0,100  | -0,300 | 0,100 | 1,000 | 0,100  |
| EF-8 | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,600  | 0,100  | 0,300 | 0,100 | 1,000  |

Bu çizelgedeki sayısal veriler, faktörlerin birbirlerine göre göreceli üstünlüklerini ve önem sıralamalarını yansıtmaktadır. Çizelge 4.12, faktörler arasındaki göreceli önem sırasını ve hangi faktörlerin daha kritik olduğunu açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Pozitif değerler faktörler arasında üstünlük ilişkisini ifade ederken, negatif değerler bir faktörün diğerine göre daha az kritik olduğunu göstermektedir.

**Adım 3:** Çarpımsal matris, Denklem 3.3 ve 3.4 kullanılarak hesaplanmış olup, alt ve üst noktaların çarpımsal matris sonuçları Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14’te sunulmuştur.

**Çizelge 4.13** Alt Noktaların Çarpımsal Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,436 | 0,436 | 0,436 | 0,633 | 0,436 | 0,837 | 0,949 | 1,049 |
| EF-2 | 1,414 | 0,436 | 0,436 | 0,837 | 0,633 | 0,837 | 0,949 | 1,049 |
| EF-3 | 1,414 | 1,414 | 0,436 | 0,837 | 0,837 | 0,837 | 1,049 | 1,049 |
| EF-4 | 1,342 | 1,265 | 1,265 | 0,436 | 1,049 | 0,837 | 1,049 | 1,265 |
| EF-5 | 1,414 | 1,342 | 1,265 | 1,049 | 0,436 | 0,837 | 0,837 | 1,049 |
| EF-6 | 1,265 | 1,265 | 1,265 | 1,265 | 1,265 | 0,436 | 1,049 | 1,140 |
| EF-7 | 1,140 | 1,140 | 1,049 | 1,049 | 1,265 | 1,049 | 0,436 | 1,049 |
| EF-8 | 1,049 | 1,049 | 1,049 | 0,837 | 1,049 | 0,949 | 1,049 | 0,436 |

**Çizelge 4.14** Üst Noktaların Çarpımsal Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,447 | 0,000 | 0,633 | 0,837 | 0,949 |
| EF-2 | 1,345 | 0,000 | 0,000 | 0,633 | 0,447 | 0,633 | 0,837 | 0,949 |
| EF-3 | 1,345 | 1,345 | 0,000 | 0,633 | 0,633 | 0,633 | 0,949 | 0,949 |
| EF-4 | 1,265 | 1,140 | 1,140 | 0,000 | 0,949 | 0,633 | 0,949 | 1,140 |
| EF-5 | 1,345 | 1,265 | 1,140 | 0,949 | 0,000 | 0,633 | 0,633 | 0,949 |
| EF-6 | 1,140 | 1,140 | 1,140 | 1,140 | 1,140 | 0,000 | 0,949 | 1,049 |
| EF-7 | 1,049 | 1,049 | 0,949 | 0,949 | 1,140 | 0,949 | 0,000 | 0,949 |
| EF-8 | 0,949 | 0,949 | 0,949 | 0,633 | 0,949 | 0,837 | 0,949 | 0,000 |

Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14, faktörler arasındaki göreceli önem oranlarını veya ağırlıklarını gösteren karşılaştırma matrisleridir. Her bir hücredeki değer, iki faktör arasındaki göreceli önem farkını yansıtmaktadır. Bu tür matrisler, özellikle çok faktörlü karar analizi yöntemlerinde, hangi faktörlerin diğerlerine kıyasla daha baskın olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır (Sarucan ve diğ., 2024).

**Adım 4:** Determinasyon dereceleri, Denklem 3.5 kullanılarak hesaplanmış olup, kalite verimliliğini etkileyen faktörlere ilişkin determinasyon dereceleri Çizelge 4.15’te sunulmuştur.

**Çizelge 4.15** Etkiliyen Faktörlerin Determinasyon Dereceleri

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,400 | 0,190 | 0,700 | 0,900 | 1,100 |
| EF-2 | 2,000 | 0,190 | 0,190 | 0,700 | 0,400 | 0,700 | 0,900 | 1,100 |
| EF-3 | 2,000 | 2,000 | 0,190 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 1,100 | 1,100 |
| EF-4 | 1,800 | 1,600 | 1,600 | 0,190 | 1,100 | 0,700 | 1,100 | 1,600 |
| EF-5 | 2,000 | 1,800 | 1,600 | 1,100 | 0,190 | 0,700 | 0,700 | 1,100 |
| EF-6 | 1,600 | 1,600 | 1,600 | 1,600 | 1,600 | 0,190 | 1,100 | 1,300 |
| EF-7 | 1,300 | 1,300 | 1,100 | 1,100 | 1,600 | 1,100 | 0,190 | 1,100 |
| EF-8 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 0,700 | 1,100 | 0,900 | 1,100 | 0,190 |

Çizelge 4.15, faktörler arasındaki karşılaştırmalı ağırlıkları yansıtan bir matrisi göstermektedir.

**Adım 5:** Önceden normalleştirilmiş ağırlıklar, Denklem 3.6 yardımıyla hesaplanmış olup, normalizasyon öncesine ait ağırlık matrisi Çizelge 4.16’da sunulmuştur. Çizelge 4.16’da faktörler arasındaki karşılaştırmalı ağırlıkları gösteren bir başka matrisi içermektedir. Bu tür tablolar, özellikle çok faktörlü karar analizi bağlamında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

**Çizelge 4.16** Normalizasyondan Önce Ağırlık Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,041 | 0,041 | 0,041 | 0,216 | 0,041 | 0,514 | 0,803 | 1,099 |
| EF-2 | 2,760 | 0,041 | 0,041 | 0,514 | 0,216 | 0,514 | 0,803 | 1,099 |
| EF-3 | 2,760 | 2,760 | 0,041 | 0,514 | 0,514 | 0,514 | 1,099 | 1,099 |
| EF-4 | 2,346 | 1,924 | 1,924 | 0,041 | 1,099 | 0,514 | 1,099 | 1,924 |
| EF-5 | 2,760 | 2,346 | 1,924 | 1,099 | 0,041 | 0,514 | 0,514 | 1,099 |
| EF-6 | 1,924 | 1,924 | 1,924 | 1,924 | 1,924 | 0,041 | 1,099 | 1,423 |
| EF-7 | 1,423 | 1,423 | 1,099 | 1,099 | 1,924 | 1,099 | 0,041 | 1,099 |
| EF-8 | 1,099 | 1,099 | 1,099 | 0,514 | 1,099 | 0,803 | 1,099 | 0,041 |

Çizelge 4.16’da faktörler arasındaki karşılaştırmalı ağırlıkları gösteren bir başka matrisi içermektedir. Bu tür tablolar, özellikle çok faktörlü karar analizi bağlamında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

**Adım 6:** Her bir faktörün önem ağırlıkları, Denklem 3.7 kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.17’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.17** Faktörlerin Önem Ağırlığı ve Sıralaması

| Etkileyen Faktör Sayısı | Normalizasyon Öncesi Ağırlık | Normalize Edilmiş Önem Ağırlık | Sıralama |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|
| EF-6                    | 12,183                       | 0,181                          | 1        |
| EF-4                    | 10,871                       | 0,161                          | 2        |
| EF-5                    | 10,297                       | 0,153                          | 3        |
| EF-3                    | 9,300                        | 0,138                          | 4        |
| EF-7                    | 9,206                        | 0,136                          | 5        |
| EF-8                    | 6,852                        | 0,102                          | 6        |
| EF-2                    | 5,989                        | 0,089                          | 7        |
| EF-1                    | 2,798                        | 0,042                          | 8        |

Pisagor Bulanık AHP yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda, bankacılık sektöründe Kalite 4.0 geçiş sürecini etkileyen faktörlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek ağırlığa sahip faktör Sürekli İyileştirme ve Yenilik (EF-6) olarak öne çıkmıştır. Bu sonuç, bankaların rekabetçi kalabilmek ve müşteri beklentilerine daha hızlı cevap verebilmek adına sürekli gelişim kültürünü ön planda tuttuğunu göstermektedir.

İkinci sırada yer alan Süreç İzleme ve Şeffaflık (EF-4) faktörü, işlemlerin izlenebilirliği, operasyonel şeffaflık ve iç denetim mekanizmalarının önemine işaret etmektedir. Bu durum, dijital sistemler aracılığıyla süreçlerin uçtan uca kontrol edilebilirliğinin, kalite performansını doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Üçüncü sırada ise Müşteri Odaklılık ve Memnuniyet (EF-5) faktörü yer almakta olup, müşteri ihtiyaçlarına hızlı ve etkili çözümler sunma, geri bildirim süreçlerini etkin kullanma gibi unsurların kalite anlayışı içinde öncelikli olarak ele alındığını ortaya koymaktadır.

Analiz sonucunda Dijitalleşme ve Otomasyon (EF-1) faktörünün daha alt sıralarda yer alması, bankaların dijitalleşmeyi temel bir altyapı olarak kabul ettiği ve artık bir rekabet avantajı değil, standart bir gereklilik olarak değerlendirmeye başladığını düşündürmektedir. Bu durum, bankaların dijital dönüşüm süreçlerinde dijitalleşmenin sağladığı faydaları genel bir norm olarak görmekte olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, Sürekli İyileştirme ve Yenilik (EF-6) gibi faktörlerin yüksek ağırlığa sahip olması, bankaların rekabetçi kalabilmek ve müşteri beklentilerine daha hızlı yanıt verebilmek için sürekli gelişim kültürünü içselleştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, Süreç İzleme ve Şeffaflık (EF-4) ile Müşteri Odaklılık ve Memnuniyet (EF-5) faktörlerinin de yüksek öncelik taşıması, bankaların kalite yönetiminde bu unsurların daha kritik

olduğunu ve müşteri deneyimini doğrudan etkileyen bileşenler olarak değerlendirildiğini ortaya koymaktadır.

Bu sıralama, bankacılık sektöründe kalite verimliliğini artırmaya yönelik stratejik önceliklerin sürekli gelişim, süreç kontrolü ve müşteri memnuniyeti ekseninde şekillendiğini ortaya koymaktadır.

#### 4.2.3 Telekomünikasyon İşletmesi İçin Uygulama

Sektör yapısı gereği dijitalleşmenin merkezde yer aldığı bu işletme, Kalite 4.0 bileşenlerini uygulama kapasitesi açısından oldukça gelişmiş bir düzeydedir. Ağ yönetim sistemleri, veri odaklı müşteri hizmetleri, yapay zekâ destekli süreç izleme araçları ve çevik iş modelleri, telekomünikasyon işletmesi bu çalışmada örnek işletme olarak değerlendirilmiştir.

**Adım 1:** Pisagor Bulanık AHP yöntemi ile yapılan değerlendirmeye, müşteri deneyimi, şebeke yönetimi, veri analitiği, strateji geliştirme ve kalite yönetimi birimlerinden toplam 5 uzman katılmıştır. Katılımcılar, mesleki deneyimi 4 ila 13 yıl arasında değişen ve firmanın dijital dönüşüm süreçlerinde aktif rol alan kişilerden seçilmiştir. Bu yönüyle; müşteri memnuniyeti, veri yönetimi ve dijital yetkinlik gibi öne çıkan faktörlerin değerlendirilmesi hem teknik altyapı bilgisine hem de stratejik yönetim bakış açısına sahip katılımcıların görüşleriyle şekillenmiştir. Çizelge 4.1’de sunulan faktörler, uzmanlık alanlarına sahip 5 kişinin ortak görüşleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler Çizelge 3.1’de verilen ölçek kullanılarak yürütülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.18’de çiftler arası karşılaştırma matrisi aracılığıyla elde edilmiştir.

**Çizelge 4.18** Kalite Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

|      | EF-1 | EF-2 | EF-3 | EF-4 | EF-5 | EF-6 | EF-7 | EF-8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| EF-1 | KDÖ  | ÇYÖ  | YÖ   | YÖ   | YÖ   | OÜÖ  | OÖ   | KYÖ  |
| EF-2 | ÇDÖ  | KDÖ  | ÇYÖ  | YÖ   | OÜÖ  | OÜÖ  | OÖ   | ÇYÖ  |
| EF-3 | DÖ   | ÇDÖ  | KDÖ  | OÜÖ  | YÖ   | OÖ   | OÖ   | YÖ   |
| EF-4 | DÖ   | DÖ   | OAÖ  | KDÖ  | OÜÖ  | OÖ   | OÖ   | YÖ   |
| EF-5 | DÖ   | OAÖ  | DÖ   | OAÖ  | KDÖ  | OAÖ  | OÖ   | OÜÖ  |
| EF-6 | OAÖ  | OAÖ  | OÖ   | OÖ   | OÜÖ  | KDÖ  | OAÖ  | OÖ   |
| EF-7 | OÖ   | OÖ   | OÖ   | OÖ   | OÖ   | OÜÖ  | KDÖ  | OÖ   |
| EF-8 | KDÖ  | ÇDÖ  | DÖ   | DÖ   | OAÖ  | OÖ   | OÖ   | KDÖ  |

Çizelge 4.18, hizmet sektöründe Kalite 4.0'a geçiş süreci bakımından her bir faktörün diğer faktörlere kıyasla göreceli önem düzeylerini net bir biçimde ortaya koymaktadır. Bu tarz matrisler, çok faktörlü karar verme yöntemleri kapsamında faktörlerin sıralanmasına önemli ölçüde katkı sunmaktadır.

Çizelge 4.18'den elde edilen ağırlık değerleri, her faktörün uygulamadaki etkisini daha bilinçli analiz etmeye ve sağlıklı kararlar alınmasına olanak sağlamaktadır.

**Adım 2:** Üyelik ve üyelik dışı fonksiyonlarının alt ve üst sınırları arasındaki farklara ilişkin matris, Denklem 3.1 ve 3.2 yardımıyla hesaplanmış olup, sonuçlar Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.19** Üyelik ve Üye Olmama Fonksiyonlarının Alt Noktaları Arasındaki Fark Matrisi

|      | EF-1   | EF-2   | EF-3   | EF-4   | EF-5   | EF-6   | EF-7   | EF-8   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EF-1 | 0,810  | 0,600  | 0,300  | 0,300  | 0,300  | 0,100  | -0,100 | 0,810  |
| EF-2 | -0,800 | 0,810  | 0,600  | 0,300  | 0,100  | 0,100  | -0,100 | 0,600  |
| EF-3 | -0,600 | -0,800 | 0,810  | 0,100  | 0,300  | -0,100 | -0,100 | 0,300  |
| EF-4 | -0,600 | -0,600 | -0,300 | 0,810  | 0,100  | -0,100 | -0,100 | 0,300  |
| EF-5 | -0,600 | -0,300 | -0,600 | -0,300 | 0,810  | -0,300 | -0,100 | 0,100  |
| EF-6 | -0,300 | -0,300 | -0,100 | -0,100 | 0,100  | 0,810  | -0,300 | -0,100 |
| EF-7 | -0,100 | -0,100 | -0,100 | -0,100 | -0,100 | 0,100  | 0,810  | -0,100 |
| EF-8 | -1,000 | -0,800 | -0,600 | -0,600 | -0,300 | -0,100 | -0,100 | 0,810  |

Çizelge 4.19, faktörler arasındaki göreceli önem ve etkileşimleri sayısal olarak ortaya koymakta olup, hangi faktörün diğerlerine kıyasla daha ön planda olduğunu belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu durum, faktörlerin karşılaştırılması ve sıralanması için temel bir veri kaynağı sağlamaktadır. Böylece, hizmet sektöründe Kalite 4.0 uygulamaları kapsamında hangi faktörlere öncelik verilmesi gerektiğine yönelik daha bilinçli kararlar alınabilmektedir.

Faktörler arasındaki göreceli farklar ve ilişkiler ise Çizelge 4.20'de detaylı şekilde sunulmuştur.

**Çizelge 4.20** Üyelik ve Üye Olmama Fonksiyonlarının Üst Noktaları Arasındaki Fark Matrisi

|      | EF-1   | EF-2   | EF-3   | EF-4   | EF-5   | EF-6   | EF-7   | EF-8  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| EF-1 | 1,000  | 0,800  | 0,600  | 0,600  | 0,600  | 0,300  | 0,100  | 1,000 |
| EF-2 | -0,600 | 1,000  | 0,800  | 0,600  | 0,300  | 0,300  | 0,100  | 0,800 |
| EF-3 | -0,300 | -0,600 | 1,000  | 0,300  | 0,600  | 0,100  | 0,100  | 0,600 |
| EF-4 | -0,300 | -0,300 | -0,100 | 1,000  | 0,300  | 0,100  | 0,100  | 0,600 |
| EF-5 | -0,300 | -0,100 | -0,300 | -0,100 | 1,000  | -0,100 | 0,100  | 0,300 |
| EF-6 | -0,100 | -0,100 | 0,100  | 0,100  | 0,300  | 1,000  | -0,100 | 0,100 |
| EF-7 | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,300  | 1,000  | 0,100 |
| EF-8 | -0,810 | -0,600 | -0,300 | -0,300 | -0,100 | 0,100  | 0,100  | 1,000 |

Çizelge 4.20’de yer alan sayısal veriler, faktörlerin birbirlerine kıyasla göreceli üstünlüklerini ve önem sıralamalarını yansıtmaktadır. Çizelge, faktörler arasındaki göreceli önem düzeylerini ve hangi faktörlerin daha kritik bir rol oynadığını net bir biçimde göstermektedir. Pozitif değerler, bir faktörün diğerine üstün olduğunu ifade ederken; negatif değerler, bir faktörün diğerine göre daha az önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

**Adım 3:** Alt ve üst sınır noktalarının çarpımsal matrisleri, Denklem 3.3 ve 3.4 yardımıyla hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.21 ile Çizelge 4.22’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.21** Alt Noktaların Çarpımsal Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,436 | 0,633 | 0,837 | 0,837 | 0,837 | 0,949 | 1,049 | 0,436 |
| EF-2 | 1,342 | 0,436 | 0,633 | 0,837 | 0,949 | 0,949 | 1,049 | 0,633 |
| EF-3 | 1,265 | 1,342 | 0,436 | 0,949 | 0,837 | 1,049 | 1,049 | 0,837 |
| EF-4 | 1,265 | 1,265 | 1,140 | 0,436 | 0,949 | 1,049 | 1,049 | 0,837 |
| EF-5 | 1,265 | 1,140 | 1,265 | 1,140 | 0,436 | 1,140 | 1,049 | 0,949 |
| EF-6 | 1,140 | 1,140 | 1,049 | 1,049 | 0,949 | 0,436 | 1,140 | 1,049 |
| EF-7 | 1,049 | 1,049 | 1,049 | 1,049 | 1,049 | 0,949 | 0,436 | 1,049 |
| EF-8 | 1,414 | 1,342 | 1,265 | 1,265 | 1,140 | 1,049 | 1,049 | 0,436 |

**Çizelge 4.22** Üst Noktaların Çarpımsal Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,000 | 0,447 | 0,633 | 0,633 | 0,633 | 0,837 | 0,949 | 0,000 |
| EF-2 | 1,265 | 0,000 | 0,447 | 0,633 | 0,837 | 0,837 | 0,949 | 0,447 |
| EF-3 | 1,140 | 1,265 | 0,000 | 0,837 | 0,633 | 0,949 | 0,949 | 0,633 |
| EF-4 | 1,140 | 1,140 | 1,049 | 0,000 | 0,837 | 0,949 | 0,949 | 0,633 |
| EF-5 | 1,140 | 1,049 | 1,140 | 1,049 | 0,000 | 1,049 | 0,949 | 0,837 |
| EF-6 | 1,049 | 1,049 | 0,949 | 0,949 | 0,837 | 0,000 | 1,049 | 0,949 |
| EF-7 | 0,949 | 0,949 | 0,949 | 0,949 | 0,949 | 0,837 | 0,000 | 0,949 |
| EF-8 | 1,345 | 1,265 | 1,140 | 1,140 | 1,049 | 0,949 | 0,949 | 0,000 |

Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22, faktörler arasındaki göreceli önem oranlarını veya ağırlıkları gösteren bir karşılaştırma matrisi sunmaktadır. Her bir hücrede yer alan sayısal değer, iki faktör arasındaki göreceli önem farkını temsil etmektedir. Bu tür matrisler, özellikle çok faktörlü karar analizi yöntemlerinde, faktörler arasındaki baskınlık ilişkilerinin anlaşılması amacıyla kullanılmaktadır (Sarucan ve diğ., 2024a).

**Adım 4:** Determinasyon dereceleri, Denklem 3.5 yardımıyla hesaplanmış olup, kalite verimliliğini etkileyen faktörlere ait determinasyon dereceleri Çizelge 4.23'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.23** Etkiliyen Faktörlerin Determinasyon Dereceleri

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,190 | 0,400 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,900 | 1,100 | 0,190 |
| EF-2 | 1,800 | 0,190 | 0,400 | 0,700 | 0,900 | 0,900 | 1,100 | 0,400 |
| EF-3 | 1,600 | 1,800 | 0,190 | 0,900 | 0,700 | 1,100 | 1,100 | 0,700 |
| EF-4 | 1,600 | 1,600 | 1,300 | 0,190 | 0,900 | 1,100 | 1,100 | 0,700 |
| EF-5 | 1,600 | 1,300 | 1,600 | 1,300 | 0,190 | 1,300 | 1,100 | 0,900 |
| EF-6 | 1,300 | 1,300 | 1,100 | 1,100 | 0,900 | 0,190 | 1,300 | 1,100 |
| EF-7 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 0,900 | 0,190 | 1,100 |
| EF-8 | 2,000 | 1,800 | 1,600 | 1,600 | 1,300 | 1,100 | 1,100 | 0,190 |

Çizelge 4.23, faktörler arasındaki karşılaştırmalı ağırlıkları yansıtan bir matrisi ortaya koymaktadır.

**Adım 5:** Denklem 3.6 kullanılarak önceden normalleştirilmiş ağırlıklar hesaplanmış, normalizasyon öncesindeki ağırlık matrisi ise Çizelge 4.24'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.24** Normalizasyondan Önce Ağırlık Matrisi

|      | EF-1  | EF-2  | EF-3  | EF-4  | EF-5  | EF-6  | EF-7  | EF-8  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EF-1 | 0,041 | 0,216 | 0,514 | 0,514 | 0,514 | 0,803 | 1,099 | 0,041 |
| EF-2 | 2,346 | 0,041 | 0,216 | 0,514 | 0,803 | 0,803 | 1,099 | 0,216 |
| EF-3 | 1,924 | 2,346 | 0,041 | 0,803 | 0,514 | 1,099 | 1,099 | 0,514 |
| EF-4 | 1,924 | 1,924 | 1,423 | 0,041 | 0,803 | 1,099 | 1,099 | 0,514 |
| EF-5 | 1,924 | 1,423 | 1,924 | 1,423 | 0,041 | 1,423 | 1,099 | 0,803 |
| EF-6 | 1,423 | 1,423 | 1,099 | 1,099 | 0,803 | 0,041 | 1,423 | 1,099 |
| EF-7 | 1,099 | 1,099 | 1,099 | 1,099 | 1,099 | 0,803 | 0,041 | 1,099 |
| EF-8 | 2,760 | 2,346 | 1,924 | 1,924 | 1,423 | 1,099 | 1,099 | 0,041 |

Çizelge 4.24, faktörler arasındaki karşılaştırmalı ağırlıkları gösteren bir diğer matrisi içermektedir. Bu tür tablolar, çoğunlukla çok faktörlü karar analizi süreçlerinde kullanılmaktadır.

**Adım 6:** Her bir faktörün önem ağırlıkları, Denklem 3.7 yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.25'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.25** Faktörlerin Önem Ağırlığı ve Sıralaması

| Etkileyen Faktör Sayısı | Normalizasyon Öncesi Ağırlık | Normalize Edilmiş Önem Ağırlık | Sıralama |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|
| EF-8                    | 12,615                       | 0,193                          | 1        |
| EF-5                    | 10,060                       | 0,154                          | 2        |
| EF-4                    | 8,827                        | 0,135                          | 3        |
| EF-6                    | 8,409                        | 0,128                          | 4        |
| EF-3                    | 8,340                        | 0,127                          | 5        |
| EF-7                    | 7,437                        | 0,114                          | 6        |
| EF-2                    | 6,039                        | 0,092                          | 7        |
| EF-1                    | 3,743                        | 0,057                          | 8        |

Yapılan analiz sonucunda, Pisagor Bulanık AHP yöntemi aracılığıyla telekomünikasyon sektöründe kalite verimliliğini etkileyen faktörlerin göreceli önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek ağırlığa sahip faktör Hizmet Kalitesi (EF-8) olarak belirlenmiştir. Bu durum, telekomünikasyon işletmelerinin doğrudan müşteriyle temas hâlinde olan altyapı, şebeke hizmeti, çağrı merkezi ve teknik destek gibi alanlarda kaliteyi doğrudan yaşatmasının, toplam kalite algısı üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

İkinci sırada Müşteri Odaklılık ve Memnuniyet (EF-5) yer almakta olup, bireysel ve kurumsal müşterilerin ihtiyaçlarına hızlı ve esnek çözümler sunmanın kalite performansında önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle müşteri sadakati

ve geri bildirim süreçleri, bu faktörün etkisini artıran unsurlar arasında değerlendirilmektedir.

Üçüncü sırada ise Süreç İzleme ve Şeffaflık (EF-4) faktörü yer almakta; bu da sistemlerin izlenebilirliği, faturalandırma süreçlerinin şeffaflığı ve hizmet akışının görünür olması açısından kalite verimliliği üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

#### **4.2.3 Hizmet Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmeler İçin Elde Edilen Faktörlerin Kıyaslanması**

Bu araştırma kapsamında üç farklı hizmet sektörüne ait işletmelerde kalite verimliliğini etkileyen faktörler, Pisagor Bulanık AHP yöntemiyle analiz edilmiştir. Her sektör için ortak belirlenen faktörler, o alanda çalışan deneyimli personelin görüşlerine dayalı olarak oluşturulan ikili karşılaştırmalar yoluyla değerlendirilmiş ve faktörlerin göreceli önem ağırlıkları belirlenmiştir.

Bu kapsamda, sektörler arası karşılaştırmayı kolaylaştırmak amacıyla her üç sektöre ait nihai faktör ağırlıkları tek bir tabloda birleştirilmiştir. Çizelge 4.26, hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için kalite verimliliği faktörlerinin önem ağırlıkları ve sıralamasını karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.

**Çizelge 4.26** Hizmet Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmeler İçin Faktörlerin Önem Ağırlığı ve Sıralaması

| Dağıtım                 |                              |                                |          | Özel Banka              |                              |                                |          | Telekomünikasyon        |                              |                                |          |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|
| Etkileyen Faktör Sayısı | Normalizasyon Öncesi Ağırlık | Normalize Edilmiş Önem Ağırlık | Sıralama | Etkileyen Faktör Sayısı | Normalizasyon Öncesi Ağırlık | Normalize Edilmiş Önem Ağırlık | Sıralama | Etkileyen Faktör Sayısı | Normalizasyon Öncesi Ağırlık | Normalize Edilmiş Önem Ağırlık | Sıralama |
| EF-8                    | 12,939                       | 0,200                          | 1        | EF-6                    | 12,183                       | 0,181                          | 1        | EF-8                    | 12,615                       | 0,193                          | 1        |
| EF-3                    | 9,447                        | 0,146                          | 2        | EF-4                    | 10,871                       | 0,161                          | 2        | EF-5                    | 10,060                       | 0,154                          | 2        |
| EF-7                    | 9,116                        | 0,141                          | 3        | EF-5                    | 10,297                       | 0,153                          | 3        | EF-4                    | 8,827                        | 0,135                          | 3        |
| EF-4                    | 8,910                        | 0,137                          | 4        | EF-3                    | 9,300                        | 0,138                          | 4        | EF-6                    | 8,409                        | 0,128                          | 4        |
| EF-6                    | 8,114                        | 0,125                          | 5        | EF-7                    | 9,206                        | 0,136                          | 5        | EF-3                    | 8,340                        | 0,127                          | 5        |
| EF-5                    | 6,881                        | 0,106                          | 6        | EF-8                    | 6,852                        | 0,102                          | 6        | EF-7                    | 7,437                        | 0,114                          | 6        |
| EF-2                    | 4,915                        | 0,076                          | 7        | EF-2                    | 5,989                        | 0,089                          | 7        | EF-2                    | 6,039                        | 0,092                          | 7        |
| EF-1                    | 4,505                        | 0,070                          | 8        | EF-1                    | 2,798                        | 0,042                          | 8        | EF-1                    | 3,743                        | 0,057                          | 8        |

Çizelge 4.26’da üç hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için Pisagor Bulanık AHP yöntemiyle elde edilen nihai normalizasyon değerleri ve her bir kalite faktörüne ait göreceli önem ağırlıkları ortak biçimde sunulmaktadır. Bu çizelge, sektörler arası karşılaştırmayı kolaylaştırmak amacıyla tek bir tabloda birleştirilmiş ve analiz bütünlüğü sağlanmıştır. Normalizasyon sonuçları, her sektörde öne çıkan kalite faktörlerinin önem sırasını ve sektörel öncelikleri açıkça ortaya koymaktadır. Bu sayede hem sektörler arası benzerlikler hem de farklar daha görünür hale getirilmiştir.

Elektrik dağıtım işletmesinde en yüksek öneme sahip faktör Hizmet Kalitesi (EF-8) olarak belirlenmiştir. Bu, arıza yönetimi, enerji kesintilerinin önlenmesi ve müşteri memnuniyetine dayalı hizmet performansının sektördeki kalite algısında belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Ardından gelen Proaktif Kalite Yönetimi (EF-3) ve Çalışan Katılımı ve Eğitimi (EF-7) faktörleri, saha ekiplerinin etkinliği ve önleyici kalite uygulamalarının önemine işaret etmektedir.

Özel banka işletmesinde en yüksek ağırlığa sahip faktör Sürekli İyileştirme ve Yenilik (EF-6) olmuştur. Bu sonuç, bankaların dijital ürün ve hizmetlerini geliştirme, rekabet avantajı sağlama ve operasyonel çevikliğe verdikleri önemi ortaya koymaktadır. Süreç İzleme ve Şeffaflık (EF-4) ve Müşteri Odaklılık ve Memnuniyet (EF-5) faktörlerinin de üst sıralarda yer alması, güvene dayalı hizmet sunumunun ve müşteri deneyiminin kalite performansında belirleyici olduğunu göstermektedir.

Telekomünikasyon işletmesinde ise kalite performansında öne çıkan faktör Hizmet Kalitesi (EF-8) olmuştur. Kesintisiz hizmet, ağ performansı ve teknik destek gibi faktörlerin doğrudan müşteri memnuniyetine yansımaları, bu sonucu desteklemektedir. Müşteri Odaklılık ve Memnuniyet (EF-5) ve Süreç İzleme ve Şeffaflık (EF-4) gibi faktörlerin de üst sıralarda yer alması, müşteriyle sürdürülebilir ve şeffaf bir ilişki kurmanın sektörel başarıdaki önemini ortaya koymaktadır.

Hizmet Kalitesi (EF-8), elektrik dağıtım ve telekomünikasyon sektörlerinde ilk sırada yer alarak, operasyonel performansın ve müşteri memnuniyetinin doğrudan kalite algısına etki ettiğini göstermektedir. Sürekli İyileştirme ve Yenilik (EF-6) ise özellikle özel bankacılıkta kalite verimliliğinin itici gücü olarak öne çıkmıştır. Teknoloji odaklı faktörler olan Dijitalleşme ve Otomasyon (EF-1) ile Veri Analitiği ve Yapay Zekâ (EF-2) üç sektörde de alt sıralarda kalmıştır. Bu, söz konusu teknolojilerin sektörel bazda artık temel bir gereklilik olarak görüldüğünü ve ayırt edici kalite unsurları olmaktan çıktığını göstermektedir.

Bu bulgular, Kalite 4.0 uygulamalarının sektörel bağlamda ele alınması gerektiğini; her sektörün kendi ihtiyaçlarına, risklerine ve müşteri beklentilerine göre özelleştirilmiş kalite stratejileri geliştirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, Kalite 4.0 yaklaşımının hizmet sektöründeki uygulamalarını değerlendirmek ve kalite verimliliğini etkileyen temel faktörleri belirlemek amacıyla elektrik dağıtım, özel bankacılık ve telekomünikasyon alanlarında faaliyet gösteren üç işletme üzerinde Pisagor Bulanık AHP yöntemiyle bir analiz gerçekleştirilmiştir. Her sektörün kendi dinamikleri doğrultusunda kalite yönetimine bakışı farklılık göstermekte olup, analizler sonucunda sektörel bazda öne çıkan faktörlerin çeşitlilik arz ettiği görülmüştür. Elektrik dağıtım sektöründe hizmet kalitesi, proaktif kalite yönetimi ve yönetim desteği öncelikli faktörler olarak öne çıkarken; özel bankacılıkta sürekli iyileştirme ve yenilik, süreç izleme ve şeffaflık ile müşteri memnuniyeti ön plandadır. Telekomünikasyon sektöründe ise hizmet kalitesi, müşteri odaklılık ve süreç izleme faktörleri öncelikli olarak belirlenmiştir.

Öte yandan, analiz sonuçları her üç sektörde de dijitalleşme ve otomasyon ile veri analitiği ve yapay zekâ gibi teknolojik faktörlerin görece daha düşük öneme sahip olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, ilgili teknolojilerin potansiyelinin henüz tam olarak değerlendirilmediğini ya da kısa vadede kalite algısı üzerindeki etkilerinin sınırlı kaldığını göstermektedir. Ancak bu durum, söz konusu teknolojilerin gelecekteki değerini gözgelememelidir. Dijitalleşme ve veri temelli sistemler, uzun vadede süreç otomasyonu, kalite öngörüsü, izlenebilirlik ve sürekli iyileştirme alanlarında büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda, işletmelerin dijital farkındalıklarını artırmaları, teknolojik altyapılarını güçlendirmeleri ve veri odaklı yönetim anlayışına geçmeleri büyük önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, Kalite 4.0 sadece teknolojik bir dönüşüm değil; aynı zamanda kültürel, yönetsel ve süreçsel bir dönüşüm sürecidir. Hizmet sektöründeki işletmelerin kalite yönetimini yalnızca mevcut uygulamalara dayandırmak yerine, insan, süreç ve teknolojiyi bütüncül şekilde değerlendiren bir yaklaşımla yeniden inşa etmeleri gerekmektedir. Sektörel öncelikler korunarak, dijitalleşme ve veri analitiği gibi alanlara daha fazla yatırım yapılmalı; liderlik, çalışan katılımı ve şeffaflık gibi insan temelli faktörlerle birlikte entegre edilmelidir. Böylece kalite yönetimi, sadece bugünün ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayacak, aynı zamanda geleceğin dinamiklerine uyum sağlayacak sürdürülebilir bir yapıya kavuşacaktır.

## 5.2 Öneriler

Hizmet sektöründe Kalite 4.0 uygulamalarının etkili bir şekilde benimsenebilmesi için, öncelikle işletmelerin sektörel önceliklerini doğru analiz etmeleri ve kalite stratejilerini bu doğrultuda şekillendirmeleri gerekmektedir. Bununla birlikte, dijitalleşme, veri analitiği ve yapay zekâ gibi teknolojik bileşenlerin hâlâ ikinci planda kalması, bu alanlara yönelik farkındalığın artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. İşletmelerin, bu teknolojilerin uzun vadeli katkılarını göz önünde bulundurarak dijital altyapılarını güçlendirmeleri, süreç izleme araçlarını geliştirmeleri ve müşteri odaklılığı sürdürülebilir bir yapıya dönüştürmeleri önerilmektedir. Ayrıca, liderlik desteği, çalışan katılımı ve organizasyonel şeffaflık gibi insan merkezli faktörlerin de teknolojik dönüşümle birlikte ilerletilmesi, Kalite 4.0'ın etkili ve dengeli bir şekilde uygulanması açısından kritik öneme sahiptir.

Bununla birlikte, çalışmanın bazı sınırlamaları da bulunmaktadır. Araştırmada sadece üç sektör üzerinde yoğunlaşmış olup, diğer hizmet alanları (örneğin sağlık, eğitim, turizm) kapsam dışı bırakılmıştır. Ayrıca, kullanılan Pisagor Bulanık AHP yöntemi, uzman görüşlerine dayalı subjektif değerlendirmeler içermektedir. Gelecek çalışmalarda daha geniş sektör yelpazesinde uygulamalar yapılması ve bulanık çok faktörlü karar verme yöntemlerinin farklı versiyonlarının karşılaştırılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, hizmet sektöründe Kalite 4.0 uygulamalarının başarıyla hayata geçirilebilmesi için dijital dönüşüm odaklı bir kalite yönetimi yaklaşımının geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymuş ve bu doğrultuda sektöre özgü stratejik yol haritaları sunmuştur.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı hizmet sektörlerinde Kalite 4.0 uygulamalarının etkinliği karşılaştırmalı olarak incelenebilir. Ayrıca, çalışanların dijital yetkinlik düzeylerinin kalite performansına etkisi üzerine nicel araştırmalar yapılması faydalı olacaktır. Yapay zekâ, büyük veri ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerin kalite yönetimi süreçlerine entegrasyonuna yönelik vaka analizleriyle desteklenen uygulamalı çalışmalar da literatüre katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Alsadi, J., Alkhatib, F., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Tortorella, G., & Cudney, E. A. 2025, A systematic literature review with bibliometric analysis of Quality 4.0. *The TQM Journal*, 37(5), 1446-1470. <https://doi.org/10.1108/TQM-02-2024-0050>
- Amat-Lefort, N., Barravecchia, F., & Mastrogiacomio, L. 2023, Quality 4.0: big data analytics to explore service quality attributes and their relation to user sentiment in Airbnb reviews. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(4), 990-1008.
- Antony, J., Sony, M., McDermott, O., Jayaraman, R., & Flynn, D., 2023, An exploration of organizational readiness factors for Quality 4.0: an intercontinental study and future research directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(2), 582-606. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2021-0357>
- Asif, M., 2020, Are QM models aligned with Industry 4.0 A perspective on current practices. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120820.
- Babatunde, O. K., 2021, Mapping the implications and competencies for Industry 4.0 to hard and soft total quality management. *The TQM Journal*, 33(4), 896-914.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T., 2017, Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Baysal, M. E., Kaya, İ., Kahraman, C., Sarucan, A., & Engin, O., 2015, A two phased fuzzy methodology for selection among municipal projects. *Technological and Economic Development of Economy*, 21(3), 405-422. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.909902>
- Bilgin, E. 2021, Industry 4.0 and sustainable supply chain. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 43(1), 123-144.
- Bilgin, E., & Yılmaz, E. 2023, Kalitenin evrimi ve Kalite 4.0. 20. Uluslararası Balkan ve Yakın Doğu Ekonomi, İşletme ve Yönetim Kongresi, Ohrid, Kuzey Makedonya, 14-15 Ekim 2023, 328-336.
- Broday, E. E. 2022, The evolution of quality: from inspection to quality 4.0. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 14(3), 368-382.
- Chiarini, A., 2020, Industry 4.0, quality management and TQM world. A systematic literature review and a proposed agenda for further research. *The TQM Journal*, 32(4), 603-616.
- Çelik, M. T., & Yıldız, A. 2024, Evaluation of Factors Affecting Innovation Productivity by Pythagorean Fuzzy AHP Method. *Verimlilik Dergisi*, 89-106.
- Çeliktaş, M. S., Sonlu, G., Özgel, S., & Atalay, Y. 2015, Endüstriyel devrimin son sürümünde mühendisliğin yol haritası. TMMOB Makina Mühendisleri Odası *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56(662), 24-34.
- Dahlgaard, J. J., Kanji, G. K., & Kristensen, K. 2008, Fundamentals of total quality management, *Routledge*.
- Dias, A. M., Carvalho, A. M., & Sampaio, P., 2022, Quality 4.0: literature review analysis, definition and impacts of the digital transformation process on quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(6), 1312-1335.
- Engin, O., 2002. Kalite ve Verimliliğin Artırılmasında Standartların Rolü, *Standart Ekonomik ve Teknik Dergi*, Türk Standartları Enstitüsü, Yıl: 41, 491, 61- 64.
- Engin, O., Uluagaç, F., Çağlı, S. D., Karaman, S., 2023, Türkiye’de Mühendislik Eğitimi Veren Yükseköğretim Kurumlarında Kalite Süreçlerinin Analizi, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 8(3): 237-248. <https://doi.org/10.46578/humder.1351705>

- Escobar, C. A., McGovern, M. E., & Morales-Menendez, R., 2021, Quality 4.0: a review of big data challenges in manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32(8), 2319-2334.
- Escobar, C. A., Macias, D., McGovern, M., Hernandez-de-Menendez, M., & Morales-Menendez, R. 2022, Quality 4.0—an evolution of Six Sigma DMAIC. *International journal of lean six sigma*, 13(6), 1200-1238.
- Garvin, D. A. 1988, Managing quality: The strategic and competitive edge. *Simon and Schuster*.
- Ghatak, R., & Garza-Reyes, J. A. 2024, Investigating the barriers to Quality 4.0 adoption in the Indian manufacturing sector: insights and implications for industry and policy-making. *International journal of quality & reliability management*, 41(6), 1623-1656.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Ngai, W. T. E., 2019, Quality management in the 21st century enterprises: Research pathway towards Industry 4.0. *International Journal of Production Economics*, 207, 125-129.
- Jamkhaneh, B., H., Shahin, A., Parkouhi, S. V., & Shahin, R. 2022, The new concept of quality in the digital era: a human resource empowerment perspective. *The TQM Journal*, 34(1), 125-144.
- Jacob, D., 2017, Quality 4.0 impact and strategy handbook: getting digitally connected to transform quality management. *LNS Research: Cambridge, MA, USA*.
- Kannan, V., 2010, Benchmarking the service quality of ocean container carriers using AHP. *Benchmarking: An International Journal*, 17(5), 637-656.
- Kaya, İ., Engin, O., 2004. Yüksek öğretim kurumu içerisinde yer alan bir bölümde kalite iyileştirme sürecine yönelik olarak öğrenci memnuniyetinin ölçülmesi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 4, 218-228.
- Kaya, İ., Gözen, Ş., & Engin, O., 2004. Kalite kontrol problemlerinin çözümünde uzman sistemlerin kullanımı. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1 (4), 87-101.
- Kaya, İ., & Engin, O., 2005. Kalite iyileştirme sürecinde yapay zekâ tekniklerinin kullanımı, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 103-114.
- Kaya, İ. & Engin, O., 2007. Yüksek Öğretimde Kaliteyi İyileştirme Sürecinde Öğrenci Memnuniyetinin Ölçülmesine Yönelik Bir Araştırma, *Milli Eğitim Dergisi*, 174, 106-115.
- Kushwaha, D., & Talib, F. 2025, A bibliometric analysis of Quality 4.0: current status, trends and future research directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 42(2), 474-503.
- Kumar, R., Ganesh, L. S., & Rajendran, C. 2022, Quality 4.0—a review of and framework for quality management in the digital era. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(6), 1385-1411.
- Mardani, A., Jusoh, A., Halicka, K., Ejdy, J., Magruk, A., & U Ahmad, U. N. 2018, Determining the utility in management by using multi-criteria decision support tools: a review. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 31(1), 1666-1716.
- Nenadál, J., Vykydal, D., Halfarová, P., & Tylečková, E. 2022, Quality 4.0 maturity assessment in light of the current situation in the Czech Republic. *Sustainability*, 14(12), 7519.
- Ngo, Q. H., & Schmitt, R. H., 2016, A data-based approach for quality regulation. *Procedia CIRP*, 57, 498-503.
- Oral N., Engin O. 2024, Ticari Kredilerde Bulanık-AHP ve TOPSIS Yardımıyla Risk Analizi, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 9(1): 22-38. <https://doi.org/10.46578/humder.1419372>

- Oliveira, D., Alvelos, H., & Rosa, M. J. 2025, Quality 4.0: results from a systematic literature review. *The TQM Journal*, 37(2), 379-456.
- Pfohl, H. C., Yahsi, B., & Kurnaz, T., 2015, The impact of Industry 4.0 on the supply chain. In *Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chains: Technologies, Business Models and Risk Management*. Hamburg International Conference of Logistics (HICL),31-58). Berlin: epubli GmbH.
- Prashar, A., 2023, Towards digitalisation of quality management: conceptual framework and case study of auto-component manufacturer. *The TQM Journal*, 35(8), 2436-2454.
- Radziwill, N. M. 2018, Quality 4.0: Let's Get Digital-The many ways the fourth industrial revolution is reshaping the way we think about quality. *arXiv preprint arXiv:1810.07829*.
- Rogala, P., Brzozowski, T., & Pankowska, M. B., 2024, Insights into quality professionals' adoption of Quality 4.0 in the high-tech industry. *The TQM Journal*, 36(9), 193-214.
- Saaty, T. L. 2013, Analytic hierarchy process. In *Encyclopedia of operations research and management science* (pp. 52-64). *Springer, Boston, MA*.
- Saaty, T. L., 1980, The analytic hierarchy process. *McGraw Hill, New York*.
- Saaty, T. L., 1994, How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), 19-43.
- Sader, S., Husti, I., & Daroczi, M. 2022, A review of quality 4.0: definitions, features, technologies, applications, and challenges. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(9-10), 1164-1182.
- Saihi, A., Awad, M., & Ben-Daya, M., 2023, Quality 4.0: leveraging Industry 4.0 technologies to improve quality management practices—a systematic review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(2), 628-650.
- Sarucan, A., Baysal, M.E., Engin, O. 2024. Decomposed Fuzzy Analytical Hierarchy Process Method for Business Processes Management Software Selection. In: Kahraman, C., Cevik Onar, S., Cebi, S., Oztaysi, B., Tolga, A.C., Ucal Sari, I. (eds) *Intelligent and Fuzzy Systems. INFUS 2024*. Lecture Notes in Networks and Systems, 1088. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-70018-7\\_77](https://doi.org/10.1007/978-3-031-70018-7_77)
- Sarucan, A., Baysal, ME., Engin, O. 2022, A spherical fuzzy TOPSIS method for solving the physician selection problem. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*.,42(1):181-194. doi:10.3233/JIFS-219185
- Sarucan, A., Emin Baysal, M., Engin, O., 2021. Physician Selection with a Neutrosophic Multi-criteria Decision-Making Method. In: Kahraman, C., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Sari, I., Cebi, S., Tolga, A. (eds) *Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions*. INFUS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, 1197. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51156-2\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51156-2_38)
- Sarucan, A., Baysal, M. E. and Engin, O. 2024a. Ranking of the Member Countries in the Black Sea Economic Cooperation Organization Using Multi-Criteria Decision-Making Methods”, *KONJES*, 12, 2, 326–343. doi: 10.36306/konjes.1328033.
- Silva, A. C., Machado, J., & Sampaio, P., 2024, Predictive quality model for customer defects. *The TQM Journal*, 36(9), 155-174.
- Singh, J., Ahuja, I. P. S., Singh, H., & Singh, A. 2022, Development and implementation of autonomous quality management system (AQMS) in an automotive manufacturing using quality 4.0 concept—A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 168, 108121.

- Slancová, I., & Plura, J. 2024, Information Inputs and Outputs of Quality Planning Processes and the Possibilities of Their Improvement through Digital Transformation. *Quality Innovation Prosperity*, 28(2) 76- 98.
- Sony, M., Antony, J., & Douglas, J. A., 2020, Essential ingredients for the implementation of Quality 4.0: a narrative review of literature and future directions for research. *The TQM Journal*, 32(4), 779-793.
- Sureshchandar, G. S., 2022, Quality 4.0—understanding the criticality of the dimensions using the analytic hierarchy process (AHP) technique. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(6), 1336-1367.
- Sureshchandar, G. S., 2023, Quality 4.0—a measurement model using the confirmatory factor analysis (CFA) approach. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(1), 280-303.
- Sureshchandar, G. S., & Leisten, R., 2005, Holistic scorecard: strategic performance measurement and management in the software industry. *Measuring Business Excellence*, 9(2), 12-29.
- Swarnakar, V., McDermott, O., Sony, M., Bhat, S., & Antony, J., 2023, Unveiling the path to sustainable quality 4.0 implementation in organisations: Insights from an exploratory qualitative study. *The TQM Journal*.37(2), 566–591. <https://doi.org/10.1108/TQM-07-2023-0201>
- Talaie, H., Ziaeeian, M., & Malekinejad, P. 2024, Towards quality 4.0 in home appliances: definitions, deployment scenarios, and future perspectives. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(7), 1416-1438.
- Thekkoote, R., 2022, Enabler toward successful implementation of Quality 4.0 in digital transformation era: a comprehensive review and future research agenda. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(6), 1368-1384.
- Tewary, A., & Jadon, V. 2024, Building a competent workforce in implementing Quality 4.0: a systematic literature review and proposed agenda for future research. *The TQM Journal*, 36(8), 2618-2656.
- Virmani, N., Upadhyay, M., Luthra, S., Singh, S., & Upadhyay, A. 2024, Assessing solutions to overcome Quality 4.0 barriers: a decision-making framework. *The TQM Journal*, 36(6), 1460-1485.
- Wawak, S., Teixeira Domingues, J. P., & Sampaio, P. 2024, uality 4.0 in higher education: reinventing academic-industry-government collaboration during disruptive times. *The TQM Journal*, 36(6), 1569-1590.
- Yadav, N., Shankar, R., & Singh, S. P., 2021, Critical success factors for lean six sigma in quality 4.0. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 13(1), 123-156.
- Yamada, T. T., Poltronieri, C. F., do Nascimento Gambi, L., & Gerolamo, M. C., 2013, Why does the implementation of quality management practices fail? A qualitative study of barriers in Brazilian companies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 81, 366-370.
- Yiğit, G., & Engin, O., 2025, Endüstri 5.0 ile Sürdürülebilirliğin Sağlanması: Bir Bibliyometrik Analiz. *İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(1), 23-46. DOI: 10.17932/IAU.IAUSB.2021.021/iausbd\_v17i1002
- Yildiz, A., 2016, Interval type 2-fuzzy TOPSIS and fuzzy TOPSIS method in supplier selection in garment industry. *Industria Textila*, 67(5), 322.
- Zadeh, L. A., 1965, Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zimmermann, H. J., 2010, Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 317-332.