

Dengelenmiş Skor Kart Temelli Endüstri 4.0 Performans Değerlendirmesi: Hızlı Tüketim Ürünleri Sektöründe Bir Şirket Uygulaması

Balanced Scorecard-Based Industry 4.0 Performance Evaluation: A Case Study in the Fast-Moving Consumer Goods Sector (FMCG)

Özet

Hızlı tüketim ürünleri sektörü, kısa çevrim süresine sahip ürünlerin yoğun rekabet ortamında sunulması nedeniyle performans değerlendirme süreçlerine duyarlıdır. Endüstri 4.0'ın sunduğu yenilikçi teknolojiler, üretim süreçlerini optimize etmek, müşteri taleplerine daha hızlı yanıt vermek ve kaynak kullanımını daha verimli hale getirmek açısından önemlidir. Bu nedenle, sektöre uygun bir performans ölçüm modeli geliştirilmesi kaçınılmaz bir gereklilik halini almıştır. Bu makalede, hızlı tüketim ürünleri sektöründeki şirketlerin Endüstri 4.0 performanslarını değerlendirmek için Denge Skor Kartı (BSC) modeli temel alınmıştır. BSC'nin dört ana boyutuna (Finans, Müşteri, İçsel Süreçler, Öğrenme ve Gelişme) ait alt kriterler literatür taraması ile belirlenmiş, sektördeki yöneticilere yapılan derinlemesine mülakatlar sonucunda elde edilen niteliksel veriler doğrultusunda kriterlerin önem dereceleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu mülakatlardaki sonuçlar, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve modelin yapılandırılmasında temel alınmıştır. Ege bölgesindeki büyük ölçekli hızlı tüketim ürünleri sektöründe yer alan bir şirketin Endüstri 4.0 performansı değerlendirilmiş ve güçlü yönler ve iyileştirmeye açık alanlar ortaya konulmuştur. Makalenin bulguları, Endüstri 4.0'ın hızlı tüketim ürünleri sektöründeki etkilerini ortaya koymuş ve performans yönetimine yenilikçi bir katkı sağlamıştır. Geliştirilen model, şirketlerin dijital dönüşüm düzeylerini nesnel bir şekilde değerlendirmelerine, stratejik karar süreçlerini veri temelli hale getirmelerine ve rekabet avantajı elde etmelerine olanak tanımaktadır.

Abstract

The fast-moving consumer goods (FMCG) sector is highly sensitive to performance evaluation processes due to the short lifecycle of products and intense market competition. The innovative technologies offered by Industry 4.0 are crucial for optimizing production processes, responding more quickly to customer demands, and improving resource efficiency. Therefore, developing a suitable performance measurement model for the sector has become essential. This study adopts the Balanced Scorecard (BSC) model to evaluate the Industry 4.0 performance of companies in the FMCG sector. Sub-criteria for the four main dimensions of the BSC (Finance, Customer, Internal Processes, and Learning and Growth) were identified through a literature review. The importance weights of these criteria were calculated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) based on insights obtained from in-depth interviews with industry managers. The results from these interviews formed the basis for determining the criteria weights and structuring the model. An application was conducted in a beverage company in the Aegean region, where the company's Industry 4.0 performance was assessed, highlighting strengths and areas for improvement. The findings of this study reveal the impact of Industry 4.0 on the FMCG sector and provide an innovative contribution to performance management. The developed model enables companies to objectively assess their level of digital transformation, make their strategic decision-making processes data-driven, and gain a competitive advantage.

Ceren Dilbaz

Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, dilbaz@itu.edu.tr
Orcid No: <https://orcid.org/0009-0008-6823-0618>

Hür Bersam Sidal

Prof. Dr. , İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, bolat@itu.edu.tr
Orcid No: <https://orcid.org/0000-0002-3790-9897>

Article Type / Makale Türü

Research Article / Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler

Endüstri 4.0, Dengelenmiş Skor Kart, Hızlı Tüketim Ürünleri, Performans Değerlendirme

Keywords

Balanced Scorecard, Fast-Moving Consumer Goods, Industry 4.0, Performance Evaluation

JEL Codes: C44, L21, M11, O32

Bilgilendirme

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Enstitüsü (LEE)'ne bağlı İşletme Yüksek Lisans programı kapsamında yapılmış bir tezden üretilmiştir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir

Submitted: 24 / 03 / 2025

Accepted: 20 / 08 / 2025

Giriş

Endüstri 4.0, ilk olarak 2011 yılında Alman hükümeti tarafından tanıtılmış ve ileri teknolojilerle sanayide yeni bir dönüşüm aşamasını ifade etmektedir. Endüstri 4.0 ile modern üretim teknikleri dijital teknolojilerle birleşerek veriye dayalı, akıllı fiziksel faaliyetleri mümkün kılan ağ tabanlı organizasyonlar yaratmıştır. Bu kavram, siber-fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IoT), robotik ve büyük veri gibi dijital ve fiziksel sistemlerin entegrasyonunu içerir (Sağtaş, 2021: 52). Endüstri 4.0 ile birlikte insan-makine entegrasyonu kavramı ön plana çıkmaktadır. Bu entegrasyon sayesinde operasyonlar daha verimli hale gelirken, maliyetler düşürülmekte ve üretim süreçleri optimize edilmektedir. Çalışanların iş ortamları da bu süreçten olumlu etkilenmekte, daha güvenli ve verimli bir çalışma alanı yaratılmaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ve orta ölçekli işletmeler, bu yeni teknolojik dalgalar sayesinde daha büyük firmalarla rekabet edebilir hale gelmiştir. Bu durum, özellikle robotik ve otomasyon teknolojilerinin kullanımıyla mümkün olmaktadır. (Javaid, Haleem, Singh, & Sinha, 2024)

Akıllı teknolojiler ve gerçek zamanlı veri akışı, tedarik zincirlerinden üretim hatlarına kadar geniş bir yelpazede iyileştirmeler sunmaktadır. Ayrıca, müşteri beklentilerine özel üretim yapma imkanı da sunarak işletmelerin daha esnek, hızlı ve müşteri odaklı hizmet vermesini sağlamaktadır (Javaid, Haleem, Singh, & Sinha, 2024).

Endüstri 4.0, üretim sektöründe köklü bir dönüşüm sağlarken, hızlı tüketim malları alanında da önemli değişiklikler yaratmaktadır. Bu dönüşüm, piyasa taleplerinin hızla değişmesi ve tüketici davranışlarının dinamikliği ile birleştiğinde, fiyat belirlemenin ve marka sadakatının kritik bir rol oynamasına yol açmaktadır. (Jacob, Woschanka, & Nadine, 2024: 2778) FMCG sektöründe etkili pazarlama ve ürün kalitesi, güçlü marka sadakati oluşturma temel taşlarıdır (Gebhardt, Spieske, Kopyto, & Birkel, 2022: 53).

FMCG sektörü, kısa raf ömrüne sahip ürünler, yoğun tüketim ve düşük kar marjları ile karakterize edilmektedir. Tüketici taleplerinin hızla değişmesi ve piyasa dinamiklerinin dalgalanması, bu sektörün dijital dönüşüm ihtiyacını artırmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin FMCG sektöründe etkin bir şekilde kullanılması, tedarik zinciri süreçlerinin iyileştirilmesine, müşteri taleplerinin daha hızlı ve doğru bir şekilde karşılanmasına, operasyonel maliyetlerin düşürülmesine ve marka sadakatının güçlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Gebhardt, Spieske, Kopyto, & Birkel, 2022:60). FMCG lojistiği, yüksek hacimlerin, çeşitli ürünlerin, sıkı zaman çizelgelerinin ve değişken talep desenlerinin yönetimini gerektiren karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu durum, tedarik zinciri boyunca ürün kalitesi, uyumluluk ve maliyet etkinliğini sağlamak için zorluklar oluşturur. Bu nedenle, FMCG üretim sektörü, hayatta kalmak için gerekli önlemleri almak zorundadır. Bu bağlamda, Endüstri 4.0, dijital ilerlemelerle üretim rekabetçiliği, dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği artırmak için önemli bir çözüm sunmaktadır. (Shakur, Lubaba, Debnath, Bari, & Rahman, 2024)

FMCG tedarik zincirinde üretilen veriler, hacim, hız ve çeşitlilik açısından büyüyen büyük veri kategorisine girmektedir (Chen & Zhang, 2014: 316). Büyük veri teknolojilerinin benimsenmesi, bu veri kaynaklarını entegre ederek bilgi akışını hızlandırmakta, iş birliğini artırmakta ve tedarik zinciri performansında kayda değer iyileştirmeler sağlamaktadır. (Radebe, Ayomoh, & Yadavalli, 2022)

Tedarik zincirinde giderek daha fazla ilgi gören ve kabul edilen bir diğer teknoloji de Nesnelerin İnterneti olup, RFID gibi sensör ağı kullanarak eşyaların internet üzerinden izlenmesine olanak tanıyan bir altyapı sunar. Bu sayede, depo ve sevkiyatların takibi mümkün hale gelmektedir. Özellikle gıda ve ilaç ürünlerinin izlenmesinde, çevresel koşulların kontrolü kritik olduğundan, bu teknolojiler oldukça faydalıdır. Bu entegrasyon, tedarik zinciri boyunca konum, durum ve ürün koşulları gibi gerçek zamanlı verilerin toplanmasına olanak tanıyarak tedarik zinciri görünürlüğünü artırır ve manuel işlemler ihtiyacını azaltır (Varriale, Cammarano, Michelino, & Caputo, 2023).

Yapay zeka teknolojilerindeki gelişmeler, envanter yönetimi uygulamalarının akıllı bir süreç haline gelmesine olanak tanımaktadır. Makine öğrenimi algoritmaları, hava durumu desenleri, geçmiş satış verileri ve sosyal medya trendleri gibi çeşitli kaynaklardan gelen büyük veri setlerini analiz ederek gelişmiş veri analitiğine katkıda bulunmaktadır. Öngörücü analitik, talebi doğru bir şekilde tahmin ederek FMCG şirketlerinin üretim, lojistik öncelikleri ve envanter seviyelerini piyasa

talebindeki dalgalanmalara göre ayarlamalarına yardımcı olur. Böylece, fazla envanter ve stok sıkıntılarını azaltma imkanı sunar (Shakur, Lubaba, Debnath, Bari, & Rahman, 2024).

Robotik çözümler, FMCG işletmeleri için esneklik ve verimlilik sağlamak adına önemli bir rol oynamaktadır. İnsan operatörlerinin karşılaştığı fiziksel sorunlar ve yorgunluk gibi problemlerle mücadele etmek zorunda kalmadan, paketleme, paletleme, depolama ve gıda işleme gibi tekrarlayan görevleri başarıyla yerine getirirler. Ayrıca, üretim tedarik zincirinde süreçlerin daha verimli hale getirilmesi ve maliyetlerin azaltılması için sürekli yenilik yapma ihtiyacı vardır (Adeyemia, ve diğerleri, 2024: 340)

Ancak, bu teknolojilerin entegre edilme ve kullanılma sürecinin başarıyla yönetilebilmesi için işletmelerin performanslarını ölçmesi ve iyileştirmesi kritik bir önem taşımaktadır. İşletmeler, başarıyı tanımlamak için performans değerlendirme sistemleri geliştirmiş olsa da klasik sistemler önemli eksiklikler barındırmaktadır. Bu sistemler, işletme stratejileriyle uyumlu değildir, yenilik ve değişimlere cevap veremez, hatalı değerlendirmelere yol açarak yanlış kararlar alınmasına neden olabilir. Ayrıca, endüstri bazındaki kriterleri göz ardı eder ve yalnızca finansal göstergelere odaklanır. Bu durum, işletmelerin rekabetçi ortamda sürdürülebilirliğini tehlikeye atar (Kaygusuz, 2005: 83).

Performans değerlendirme sistemlerinin her sektörün dinamiklerine ve üretim süreçlerine uygun şekilde uyarlanması gerekmektedir, çünkü sektörler arasındaki farklılıklar bu sistemlerin etkinliğini doğrudan etkiler. Bu çalışmada FMCG sektörüne odaklanılmasının nedeni, bu sektörün hızlı üretim döngüleri, yüksek rekabet düzeyi ve müşteri taleplerine anında yanıt verme gerekliliğiyle diğerlerinden ayrılmasıdır. Bu sebeple, FMCG sektörüne özgü bir performans yönetim sistemi geliştirmek, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerinde etkinliğini artırmada kritik bir öneme sahiptir.

Bu makalenin amacı, hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin Endüstri 4.0 performanslarını değerlendirmek için uygun bir performans ölçüm modeli geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda makale dört ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, Endüstri 4.0 performans değerlendirme yöntemleri ve bu yöntemlerin nasıl uygulandığı ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. İkinci bölümde, çalışmanın metodolojisi detaylandırılmış; Denge Skor Kartı (BSC) ana ve alt boyutları açıklanmış, kriterlerin önem dereceleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile hesaplanmış ve sonuçları sunulmuştur. Üçüncü bölümde, oluşturulan BSC temelli performans değerlendirme modeli Ege Bölgesi'ndeki bir şirkete uygulanmış, performans puanları hesaplanmış ve departmanlar arası karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise elde edilen bulgular doğrultusunda şirketin güçlü ve gelişime açık yönleri ortaya konulmuş, performansın iyileştirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

1. Endüstri 4.0 Performans Değerlendirmesine Yönelik Literatür Taraması

Araştırma sonuçlarına göre, performans ölçüm sistemi, Endüstri 4.0 bağlamında üç ana işlevi doğrultusunda gelişim göstermektedir. Bu işlevler; tahminleme analizi-planlama, anahtar performans göstergeleri (KPI'lar) ve gerçek zamanlı kontrol ile karar alma süreçlerini kapsamaktadır (Kloviene & Uosyte, 2019: 472). Performans ölçüm sistemleri (PMS), üretim süreçlerinin verimliliğini ve etkinliğini artırmak amacıyla kullanılan, işletmenin stratejik hedeflerini destekleyen bir dizi metrikten oluşur. PMS, hem iç hem de dış faktörlere dayalı bir yaklaşımla üst düzey hedeflerin belirlenmesiyle başlar ve bu hedefler, iş birimleri tarafından yönetilen detaylı göstergelerle desteklenir. Bu göstergeler müşteri memnuniyeti, esneklik ve verimlilik gibi işletmenin başarı faktörlerini ölçen temel performans göstergeleri olarak tanımlanır. KPI'lar, bir işletmenin kritik başarı faktörlerini yansıtan ölçülebilir ve stratejik göstergelerdir. Doğru KPI seçimi ve bu göstergelerin işletme süreçlerine entegrasyonu, iş hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynar. (Zainurin, Masri, & Besar, 2021)

Üretim sistemlerinde bir KPI seti performans ölçüm sistemlerinde tanımlandığında, her bir parametre sistem performansının bir yönünü yansıtır. Bu nedenle, KPI'lar, bir kuruluşun kritik başarı faktörlerini yansıtan ölçüm sistemlerindeki nicel ve stratejik ölçümler seti olarak tanımlanır. KPI'ların uygun şekilde seçilmesi ve daha iyi anlaşılması, bir firmanın arzu edilen iş başarısını elde

etmesine yardımcı olabilir. Bu performans göstergeleri de performans yönetimi modellerinden olan denge kartı, performans piramidi gibi modellerde kullanılır. (Kloviene & Uosyte, 2019: 473). Performans KPI'larının sık sık gözden geçirilmesi, analiz edilmesi ve kullanılacağı spesifik iş durumlarına uyarlanması gerekmektedir. Kontrol fonksiyonu, yükselen sorunları tespit etmek, yeni süreçleri yönetmek veya mevcut süreçleri güncellemek için kullanılan bir araçtır. Karar alma süreci ise organizasyon stratejisine dayalı olarak gerçekleştirilmekte olup, yeniliklerin mevcut altyapıya entegre edilip uygulanabilirliğinin anlaşılması gerektiği sonucuna varılmıştır (Medori & Steeple, 2000: 521).

Performans değerlendirme çalışmalarında genellikle stratejik hedefler ön planda tutulmaktadır. Bu nedenle, hem kısa hem de uzun vadeli stratejik planlama yaklaşımlarını destekleyen bir performans ölçüm yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. Veri Zarflama Analizi (DEA), BSC Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı (EFQM), Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) yöntemleri, Karar Alma Denemesi ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL) ve Oran Analizi gibi çeşitli yöntemler, işletmelerin faaliyetlerini ölçmek ve değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan BSC, stratejik planlama ve yönetim süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. BSC, iş süreçlerini organizasyonel stratejilere entegre etmeyi, hem iç hem de dış iletişimi güçlendirmeyi ve performansı izlemeyi amaçlar. BSC perspektifleri hem nicel hem de nitel yöntemlerle ölçülebilir kriterler olarak Çok Ölçütlü Karar Verme tekniklerinde kullanılabilir (Varmazyar, Dehghanbaghi, & Afkhami, 2016: 126).

Çok kriterli karar verme yöntemleri, karar alma süreçlerinde, seçim ve sıralama problemlerinde yaygın olarak kullanılan ve etkili sonuçlar veren tekniklerdir. Endüstri 4.0 gibi yeni nesil endüstriyel zorluklarla başa çıkmak için farklı MCDM yaklaşımları da geliştirilmiştir (Özdemir, 2022). Karar alma, birden fazla seçenek arasından seçim yapma sürecidir. Çok ölçütlü karar verme problemleri, genellikle belirli alternatiflerin değerlendirilmesi veya matematiksel modellerle çözüm üretmeyi içerir. Tüm MCDM yöntemleri, kriterlerin ve alternatiflerin seçimi, ağırlıklandırma veya sıralama yöntemiyle nihai kararın verilmesi prensibine dayanır (Majumder, 2015:10).

MCDM yöntemleri ile performans değerlendirmesi, uzun süredir karar vericilerin ilgisini çeken bir alan olmuştur. Dengeli Skor Kartı perspektiflerini temel alan performans ölçümünde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP/Fuzzy AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP/Fuzzy ANP), İdeal Çözüme Yakınlık Tekniği (TOPSIS/Fuzzy TOPSIS), DEMATEL, VIKOR/Fuzzy VIKOR ve Basit Toplam Ağırlıklandırma (SAW) gibi farklı teknikler geliştirilmiştir (Varmazyar, Dehghanbaghi, & Afkhami, 2016: 127). AHP, grup karar alma süreçlerinde ve karşılaştırmalardaki tutarsızlıkları belirleyerek daha tutarlı sonuçlar sunarak, karar vericilerin karşılaştırmalar yapmasına yardımcı olan köklü bir yöntemdir (Majumder, 2015: 11).

Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden bir diğeri olan Ağırlıklı Faktörler Matrisi, belirli kriterlerin önceden tanımlandığı, bu kriterlere ağırlıklar atandığı ve olası seçeneklerin bu kriterlere göre değerlendirildiği bir tekniktir. Genellikle üç ila on iki faktör arasında kriter içerir ve sonuçta bir toplam skor üretilir (Entrepreneurship, 2020). Ağırlıklı skorlama modelinin kullanımı şu adımlarla gerçekleştirilir: İlk olarak, proje veya ürün için önemli kriterler belirlenir. Ardından her bir kriter ağırlık ataması yapılır ve her özellik bu kriterlere göre puanlanır. Son olarak, her bir ögenin puanı, ilgili kriterin ağırlığı ile çarpılarak toplam skor hesaplanır (Clark, 2024).

Ekipler, Ağırlıklı Faktörler Matrisi'ni belirli araştırma sorularını kullanarak tüm fikirler için tutarlı sonuçlar üretmek amacıyla uygular. Süreçte maliyet, risk, kalite ve faydalar gibi çeşitli faktörler dikkate alınır. Analiz sonucunda, her bir bileşenin önemine göre bir ürün yol haritası oluşturulabilir. Ağırlıklı Faktörler Matrisi'nin avantajlarından bazıları özelleştirilebilir olması, süreçleri iyileştirmesi, yatırım getirisi sağlaması ve kaynak tahsisinde netlik sunmasıdır. (Gowland, 2024)

2. Çalışmanın Metodolojisi

Bu bölümde, giriş kısmında belirtilen amaca ulaşmak üzere, hızlı tüketim ürünleri sektöründeki firmaların Endüstri 4.0 performanslarını değerlendirebilmeleri için dengelenmiş skor kartı önerisi sunulmuştur. Bu öneri, BSC'nin ölçümlenebilir bir araç olarak kullanılmasını temel alarak, ana

başlıklarının altındaki alt boyutların Endüstri 4.0 performans ölçütlerine odaklanmasını öngörmektedir. Bu kart Analitik Hiyerarşi Prosesi ile analiz edilmiştir. Böylece, firmaların sektörlerine özgü performans değerlendirmelerini yapabilecekleri bir model geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu model, Endüstri 4.0'ın dinamiklerini ve teknolojik yeniliklerini dikkate alarak, sektöre özel kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterler aracılığıyla objektif bir performans değerlendirmesi yapılması sağlanacaktır.

2.1. Çalışmanın Metodolojik Akışı

Çalışma kapsamında, öncelikle literatür taraması yapılarak bir performans yönetim modeli seçilmiş ve bu modelin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Performans yönetim modeli olarak Dengeli Skor Kartı tercih edilmiştir. Dengeli Skor Kartı, dört ana boyuttan oluşmaktadır: finansal boyut, müşteri boyutu, iç süreçler boyutu ve öğrenme-gelişme boyutu. Bu ana boyutların altında yer alması gereken alt boyutlar ise kapsamlı bir literatür taraması sonucunda belirlenmiştir.

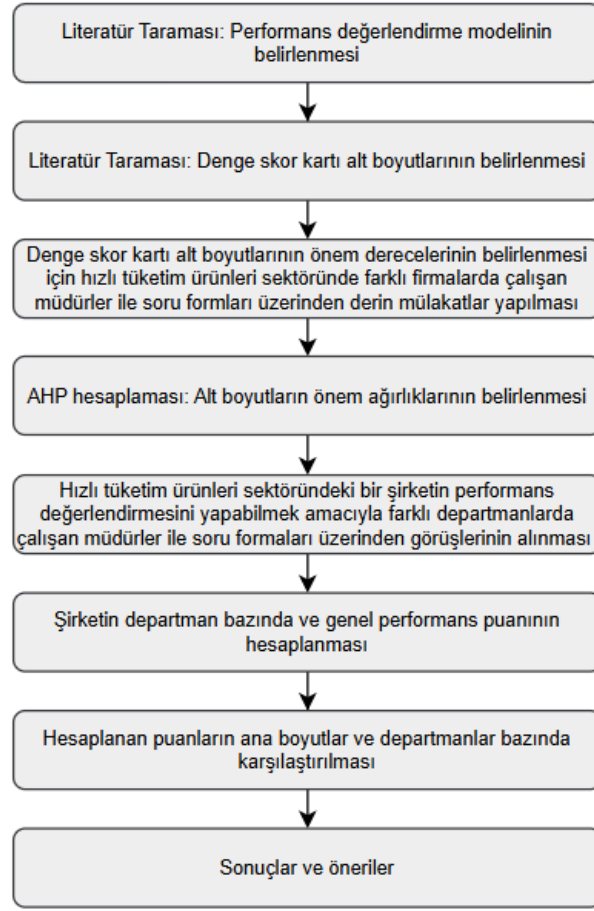
Modelin tasarım süreci tamamlandıktan sonra, ana ve alt boyutların önem derecelerini belirlemek amacıyla kapsamlı bir derin mülakat çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, Likert ölçeği kullanılarak hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren altı farklı şirketin müdür pozisyonundaki katılımcılarından veri toplanmıştır. Şirketlerden ikisi gıda, temizlik ve kağıt ürünleri sektöründe, ikisi ise içecek sektöründe, diğer ikisi ise gıda sektöründe faaliyet göstermekte olup, tamamı 250 ve üzeri çalışana sahiptir.

Uzman görüşlerinin alındığı şirketlerde Endüstri 4.0 uygulamaları farklı alanlarda kullanılmaktadır. Akıllı robotlar, üretim süreçlerinde, özellikle montaj hattı, paketleme ve kalite kontrol aşamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti, lojistik ve üretim yönetiminde etkin bir şekilde uygulanmaktadır. IoT cihazları, üretim hatlarındaki makinelerin durumu ve ürünlerin takibi için veri toplamakta ve bu verileri merkezi sistemlere iletmektedir. Böylece envanter takibi, makine durumu ve lojistik süreçlerin izlenmesi mümkün olmuş, süreçlerin etkinliği artırılmıştır. Siber güvenlik, dijitalleşme ve veri güvenliği açısından önemli bir yer tutmaktadır. Üretim verileri ve müşteri bilgileri gibi hassas verilerin korunması amacıyla çeşitli güvenlik önlemleri alınmıştır. Bulut bilişim teknolojisi, veri depolama ve erişimi açısından kullanılmaktadır. Üretim ve lojistik verileri bulut ortamlarında depolanmakta, departmanlar arasında hızlı veri paylaşımı sağlanmakta ve süreçlere erişim kolaylaştırılmaktadır.

Uzmanlarla yapılan derinlemesine mülakatlar sonucunda elde edilen görüşler, Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve performans değerlendirme modelinde yer alan ana ve alt boyutların göreceli önem dereceleri sistematik ve objektif bir biçimde hesaplanmıştır. Bu süreçte, görüşler yapılandırılmış bir soru formu aracılığıyla toplanmıştır.

Elde edilen önem derecelerine dayanarak, hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren büyük ölçekli bir şirkette Endüstri 4.0 performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Şirketin kendi dijital dönüşüm düzeyini değerlendirebilmesi amacıyla, farklı departmanlardan müdür düzeyindeki katılımcılarla yürütülen anket çalışması aracılığıyla veriler toplanmıştır. Katılımcılar, bilgi teknolojileri, tedarik zinciri ve üretim departmanlarından seçilmiş olup, toplamda dokuz müdür seviyesindeki çalışan kişilerin görüşleri alınmıştır. Yöneticilere uygulanan AHP anketi ve çalışanlara yönelik öz değerlendirme formu için ilgili sorular Ekler bölümünde verilmiştir. Likert ölçeği temel alınarak verilen yanıtlar, her birimin performansı ayrı ayrı değerlendirilmek suretiyle analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, hem birim bazında hem de genel Endüstri 4.0 performans puanları hesaplanmış, ana boyutlar ve departmanlar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın akış diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.

Şirket uygulaması sürecinde, hızlı tüketim ürünleri sektöründeki organizasyonların kendi Endüstri 4.0 performanslarını etkin bir şekilde değerlendirebilmeleri amacıyla bir performans değerlendirme yöntemi önerilmiştir. Bu kapsamda, dengeli skor kartı temel kriterleri ve alt kriterleri esas alınarak bir performans ölçüm modeli geliştirilmiştir. Literatürde "ağırlıklı kriter skorlama modeli" olarak bilinen bu yöntem, ilgili kriterlerin göreceli ağırlıklarını dikkate alarak şirketlerin kapsamlı ve objektif bir değerlendirme yapabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 1. Çalışmanın Metodolojik Akış Diyagramı

2.2. AHP Temelli Denge Skor Kartı Oluşturulması

Denge Skor Kartı yöntemi, Kaplan ve Norton tarafından 1992 ve 1996 yıllarında tanıtılmış olup, organizasyonel performansı geliştirmek için yönetsel içgörü sağlamaya yönelik bir araç olarak tanıtılmıştır ve dünya genelinde birçok sektörde, örneğin üretim, devlet, kar amacı gütmeyen kuruluşlar ve hizmet organizasyonları gibi alanlarda başarıyla uygulanmaktadır. (Kartalis, Velentzas, & Broni, 2013: 414). Bu yöntemde kurumsal performans dört ana boyutta değerlendirilir. Bu boyutlar finansal boyut, müşteri boyutu, iç süreçler boyutu ve öğrenme-gelişim boyutudur. Finansal boyutlar, işletmenin kârlılığına odaklanır ve geçmiş performansını göz önüne serer. Bu boyutta, faaliyet geliri, satış artışı ve yatırım getirisi gibi göstergelerle işletmenin geçmiş finansal durumu ölçülür (Sarraf & Nejad, 2020). Müşteri boyutu, işletmenin müşteri odaklı stratejiler geliştirmesine olanak tanır ve müşterilerle pazar payına yönelik ölçütleri kapsar (Sainaghi, Phillips, & Corti, 2013: 152). İçsel süreçler boyutu, işletmelerin müşteri taleplerini ve beklentilerini karşılamaya yönelik operasyonel faaliyetlerini kapsamaktadır (Kaplan & Norton, 1992). Öğrenme ve gelişim boyutu ise; çalışanların yetkinliklerinin geliştirilmesi, teknolojik yeniliklerin benimsenmesi ve organizasyonel iklimin iyileştirilmesi gibi unsurları kapsamaktadır (Çanakçıoğlu & Demirbaş, 2009: 226).

Hızlı tüketim ürünleri sektörü esas alınarak gerçekleştirilen kapsamlı literatür araştırması sonucunda, denge skor kartının alt boyutları belirlenmiştir. Bu alt boyutlar, ilgili literatürde sunulan performans ölçüm kriterleri doğrultusunda kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve sistematik bir şekilde sınıflandırılmıştır.

Tablo 1' de, dengelenmiş skor kartı yaklaşımı çerçevesinde her bir ana boyutun altında yer alan alt boyutlar açıkça belirtilmiştir. Bu tablo, finansal boyut, müşteri boyutu, iç süreçler boyutu ve

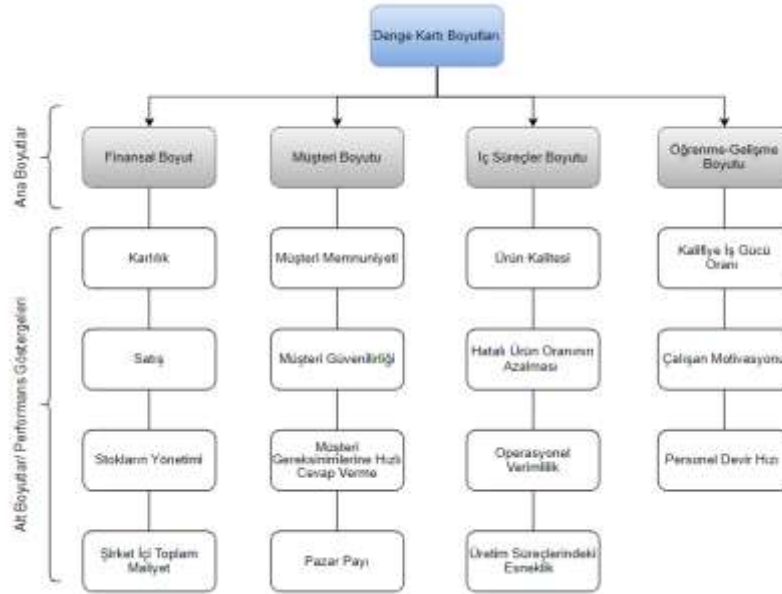
öğrenme-gelişme ana boyutları ile bunlara bağlı alt boyutların yapısını detaylı bir şekilde sunmaktadır.

Tablo 1. Dengelenmiş Skor Kartı Ana ve Alt Boyutları Literatür Taraması

Ana Boyutlar	Alt boyutlar	Performans Ölçütleri	Literatür Kaynağı
Finansal Boyut	Satış	Satış yıllık artış	(Frederico, Garza-Reyes, Kumar, & Kumar, 2021)
	Karlılık	Kar yıllık artış	(Özyörük, Şirin, Yoksulabakan, Şanver, & Saraç, 2014: 4)
	Stokların yönetimi	Stok devir miktarı/hızı	(Shakur, Lubaba, Debnath, Bari, & Rahman, 2024)
	Şirket içi toplam maliyet	Üretilen mamul maliyeti / Net satışlar	(Pérez, Montequín, Fernández, & Balsera, 2017)
Müşteri Boyutu	Müşteri Memnuniyeti	Tam zamanında teslim, ürün kalitesi	(Kuğu & Kırılı, 2013: 306)
	Müşteri Güvenilirliği	Yeni müşteri/toplam müşteri	(Pérez, Montequín, Fernández, & Balsera, 2017)
	Müşteri Gereksinimleri		
	ne Hızlı Cevap Verme	Sipariş karşılama süresi	(Efimova & Briš, 2021)
İç Süreçler Boyutu	Pazar Payı	Pazar payı yüzdesi	(Yaghoobi & Haddadi, 2016: 961)
	Ürün Kalitesi	Kalite maliyetleri	(Odważny, Cyplik, & Szymańska, 2018)
	Hatalı Ürün Oranının Azalması	Hatalı mamul yüzdesi (hatalı ürün / tüm ürünler)	(Özyörük, Şirin, Yoksulabakan, Şanver, & Saraç, 2014: 11)
	Operasyonel Verimlilik	Verimlilik oranı (gerçeleşen/beklenen üretim)	(Gümüş, 2023: 5)
Öğrenme ve Gelişme Boyutu	Üretim Süreçlerindeki Esneklik	Ürün değişim süresi, ürün çeşidi sayısı	(Shakur, Lubaba, Debnath, Bari, & Rahman, 2024)
	Kalifiye İş Gücü Oranı	Deneyim yılı, sertifikalar, eğitim seviyesi, performans değerlendirmeleri	(Aka, 2022: 38)
	Çalışan Motivasyonu	Anketler, performans göstergeleri	(Pérez, Montequín, Fernández, & Balsera, 2017)
	Personel Devir Hızı	Ayrılan/toplam çalışan sayısı	(Özyörük, Şirin, Yoksulabakan, Şanver, & Saraç, 2014: 11)

Uygulamanın ilk aşamasında, dengeli skor kartının alt boyutları belirlenmiş ve bu boyutların önem ağırlıklarının tespit edilmesine yönelik çalışmalara başlanmıştır. Bu doğrultuda, AHP yöntemi için öncelikle, problemin daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Şekil 2’de detayları sunulan bu yapı, amaç, kriterler ve alternatiflerden oluşan bir düzen içinde hazırlanmıştır. Hiyerarşik yapının tamamlanmasının ardından, ana ve alt boyutların ikili karşılaştırmalarının yapılması aşamasına geçilmiştir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi, Thomas L. Saaty tarafından 1970’lerde geliştirilmiş bir karar verme tekniğidir. Bu yöntem, insan algılarını ve yargılarını etkileyen karmaşık sorunların çözümünde büyük önem taşır. Özellikle, karar bileşenlerinin nicel olarak ölçülmesinin veya karşılaştırılmasının zor olduğu durumlarda ya da farklı uzmanlık alanlarının etkili iletişimi engellediği işbirlikçi ortamlarda kullanımı son derece faydalıdır. AHP, çoklu kriter içeren karar verme problemlerinde alternatifleri önceliklendirmek için yaygın olarak kabul edilen bir yöntemdir. Bu teknik, problemleri hiyerarşik seviyelere ayırarak etki düzeylerini çiftler halinde karşılaştırmalarla nicelleştirir ve ağırlıkları yinelemeli olarak hesaplar (Guidi, Goffo, & Violante, 2024).



Şekil 2. Dengelenmiş Skor Kartı Boyutları

İkili karşılaştırmalar, Saaty tarafından geliştirilmiş olan 9'lu ölçek kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, hızlı tüketim ürünleri sektöründe faaliyet gösteren altı farklı firmadan, tedarik zinciri, üretim ve bilgi teknolojileri departmanlarında görev alan sekiz müdüre bireysel olarak değerlendirme soru formları uygulanmıştır.

Katılımcılardan elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve her bir yöneticinin yaptığı değerlendirmelerin grup kararını yansıtan nihai ikili karşılaştırma matrisleri, geometrik ortalama yöntemiyle elde edilmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasının ardından, bu matrislerin normalize edilmesi aşamasına geçilmiştir. Bu süreçte, her bir sütunun toplamı hesaplanarak, karşılaştırma matrisindeki elemanlar ilgili sütunun toplamına bölünmüştür. Bu adım, matrisin değerlerini standart bir ölçeğe dönüştürerek analizde kullanılabilir hale getirmiştir. Normalize edilen matris üzerinden her bir kriter için ayrı ayrı satır toplamaları hesaplanmış ve bu toplamaların ortalamaları alınarak kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiştir.

Denge skor kartında yer alan ana boyutlara bağlı alt boyutların ağırlıklarını gösteren tablo, Tablo 2'te detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bütünsel ağırlık ana kriterin ağırlığı ile alt kriterin önem ağırlığının çarpımı ile bulunmuştur.

Tablo 2'ye bakıldığında finansal boyutun en önemli ana boyut olarak öne çıktığı açıkça görülmektedir. Alt boyutlar açısından incelendiğinde, %24 ağırlık ile şirket içi toplam maliyetin, bu boyutlar arasında en kritik öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra, %12 oranında ağırlıkla hem stokların yönetimi hem de müşteri memnuniyeti, diğer öne çıkan önemli kriterler arasında yer almaktadır.

Tablo 2. Denge Skor Kartı Ağırlıkları

Ana Kriterler	Ana Kriterin Ağırlığı	Alt Kriterler	Alt Kriterlerin Önem Ağırlığı	Bütünsel Ağırlık	Yüzdelik %
Finansal Boyutu	0,49	Şirket İçi Toplam Maliyet	0,49	0,24	24%
		Stokların Yönetimi	0,24	0,12	12%
		Karlılık	0,20	0,10	10%
		Satış	0,12	0,06	6%
Müşteri Boyutu	0,28	Müşteri Memnuniyeti	0,44	0,12	12%
		Müşteri Güvenirliliği	0,25	0,07	7%

İç Süreçler Boyutu	0,16	Müşteriye Hızlı Cevap Verme	0,20	0,06	6%
		Pazar Payı	0,11	0,03	3%
		Ürün Kalitesi	0,48	0,08	8%
		Hatalı Ürün Oranının Azalması	0,29	0,05	5%
		Operasyonel Verimlilik	0,16	0,02	2%
		Üretim Süreçlerinde Esneklik	0,07	0,01	1%
Öğrenme Boyutu	0,08	Kalifiye İş Gücü	0,59	0,05	5%
		Çalışan Motivasyonu	0,28	0,02	2%
		Personel Devir Hızı Azalması	0,13	0,01	1%

AHP analizinde, elde edilen karar matrisinin doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmenin önemli bir adımı, tutarlılık oranının hesaplanmasıdır. Saaty'ye göre, tutarlılık oranı %10'dan küçük olmalı ve bu değer, karar verme sürecinin geçerliliğini belirleyen bir kriter olarak kabul edilmektedir. Tutarlılık oranını hesaplamak için öncelikle, tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmalıdır. CI, karar matrisindeki tutarlılığı değerlendiren bir parametre olup, bu hesaplama için kullanılan Formül 1 ile belirlenir. Bu hesaplama, kararların tutarlılığını sağlayarak, analizdeki hataları ve çelişkileri ortadan kaldırmayı hedefler (Zio & Gordon, 2024).

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

Tutarlılık indeksinin hesaplanabilmesi için, öncelikle $\lambda_{\max}$ (maksimum özdeğer) değerine ihtiyaç vardır. $\lambda_{\max}$, AHP analizindeki karar matrisinin özdeğerlerinden biridir ve matrisin doğruluğunu ve tutarlılığını değerlendirmede rol oynar. Bu değer, Formül 2'de belirtilen şekilde hesaplanır. $\lambda_{\max}$ karar matrisinin her bir ögesinin, belirli kriterler ve alt kriterler arasındaki ilişkiyi ne kadar tutarlı bir şekilde yansıttığını gösteren bir parametredir. $\lambda_{\max}$ değeri elde edildikten sonra, tutarlılık indeksi hesaplanabilir ve tutarlılık oranı (CR) ile birlikte karar matrisinin tutarlılığının değerlendirilebilmesi sağlanır (Singh & Kalamdhad, 2024).

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (2)$$

Tutarlılık oranını hesaplamak için yalnızca tutarlılık indeksinin hesaplanması yeterli değildir; aynı zamanda rassallık indeksi (RI) de bilinmelidir. n boyutlu matrisler için rassallık indekslerinin değerleri, Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Rassallık İndeksleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tutarlılık indeksi ve rassallık indeksi bulunduktan sonra tutarlılık oranı hesaplanır. Tutarlılık oranı formül 3'de gösterilmiştir. CR tutarlılık oranı anlamına gelmektedir (Zio & Gordon, 2024).

Rassallık indeksi, karar matrisinin rastgeleliğini ölçen ve karar verme sürecindeki tutarlılığın değerlendirilmesinde önemli bir parametre olarak görev yapar. Tutarlılık indeksi ve rassallık indeksi hesaplandıktan sonra, bu iki değerin kullanılmasıyla tutarlılık oranı elde edilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Tablo 3'de rassallık indekslerinin değerleri sunulurken, CR oranının hesaplanma yöntemi ise Formül 3'de belirtilmiştir. Tablo 4'de ana kriter ve alt kriterlerin, $\lambda_{\max}$ değerleri, tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Kriterlerin , λ_{Max} Değerleri, Tutarlılık İndekleri ve Tutarlılık Oranı Değerleri

	Ana Kriterler	Finansal Boyut Alt Kriterleri	Müşteri Boyutu Alt Kriterleri	İç Süreçler Boyutu Alt Kriterleri	Öğrenme ve Gelişme Boyutu Alt Kriterler
λ_{max}	4,28	4,18	4,15	4,28	3,12
Tutarlılık İndeksi	0,09	0,06	0,05	0,09	0,06
Tutarlılık Oranı	0,10	0,07	0,06	0,10	0,10

Bu tabloya göre, ana kriterlerin yanı sıra finansal boyutların, müşteri boyutunun, iç süreçler boyutunun ve öğrenme-gelişme boyutunun alt kriterlerinin tutarlılık oranlarının %10'un altında olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, tüm kriterlerin tutarlı olduğunu göstermektedir.

3. Hızlı Tüketim Ürünleri Sektöründe Bir Şirket Uygulaması

Uygulama yapılan firma, Ege Bölgesi'nde faaliyet gösteren büyük ölçekli bir firmadır ve hızlı tüketim ürünleri sektöründe yer almaktadır.

Önerilen AHP temelli dengeli skor kartı modeli kullanılarak fabrikanın Endüstri 4.0 performansı değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucunda elde edilen veriler ışığında performansın farklı boyutlardaki yansımaları incelenmiştir.

Değerlendirme sürecinde, firmanın bilgi teknolojileri, üretim ve tedarik zinciri departmanlarından toplam dokuz yöneticiyle derin mülakatlar yapılmıştır. Her bir departmandan üçer yönetici, kendi uzmanlık alanlarına yönelik kapsamlı bir şekilde değerlendirme yaparak sürece katkı sağlamıştır. Görüşmelerde kullanılan soru formlarında, dengeli performans kartında tanımlanan alt boyutlar temel alınarak, yöneticilerden şirketlerini bu boyutlara göre puanlamaları istenmiş ve Endüstri 4.0 uygulamalarının bu alt boyutlardaki performanslarına etkisi değerlendirilmiştir. Bu performans kartı, firmanın dijital dönüşümünü değerlendiren bir performans modeli olarak geliştirilmiş olup, her boyut için belirlenen AHP ağırlıkları dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Değerlendirme, 1 ile 5 arasında bir Likert ölçeği kullanılarak gerçekleştirilmiş; bu ölçek, 1'in "zayıf" ve 5'in "mükemmel" anlamına gelecek şekilde yapılandırılmıştır. Her bir alt boyut için alınan puanların aritmetik ortalaması hesaplanarak, alt boyutların genel değerlendirme üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

Boyut puanları, ilgili alt boyut puanlarının, önceden belirlenen alt boyut ağırlıkları ile çarpılmasıyla elde edilmiştir. Daha sonra, firmanın genel Endüstri 4.0 performansını temsil eden performans değerlendirme puanı hesaplanmıştır. Bu hesaplama, her boyutun puanının, o boyuta ait ağırlık katsayısıyla çarpılmasının ardından tüm boyutların toplamının alınmasıyla gerçekleştirilmiştir (Cihan, Sungur, & Yıldırım, 2022). Tüm departmanlara ait performans değerlendirme puanları Tablo 5'de gösterilmiştir.

Görüşmeler sonucunda, Endüstri 4.0 uygulamalarının departmanlara göre hangi alanlara daha fazla etki yarattığı belirlenmiş ve her bir departman içinde dört ana boyut olan Finans, Müşteri, İç Süreçler ve Öğrenme & Gelişim boyutlarından hangisinin daha öne çıktığı analiz edilmiştir. Bu analiz, Endüstri 4.0 uygulamalarının şirket içindeki farklı alanlardaki etkilerini daha net bir şekilde ortaya koymuş ve her departmanın hangi boyutlarda daha fazla gelişim sağladığı ya da hangi boyutlarda iyileştirme yapılması gerektiği konusunda önemli bulgular sunmuştur.

Bilgi Teknolojileri departmanındaki üç yönetici tarafından gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda, her bir alt boyuta verilen ortalama puanlar hesaplanmış ve bu puanlardan ana boyutların puanları türetilmiştir. Her bir alt boyutun puanı, belirlenmiş ağırlık katsayıları ile çarpılarak boyut bazlı performans değerlendirmesi elde edilmiştir. Finans, müşteri, iç süreçler ve öğrenme-gelişim boyutlarının puanları ayrı ayrı hesaplanmış ve ardından her bir boyutun genel performansı belirlenmiştir.

Tablo 5. Tüm Departmanların Bazında Anket Puanları

Alt Kriterler	Bütünsel Ağırlık	Bilgi Teknolojileri Ortalama Anket Puanları	Bilgi Teknolojileri Departmanı Performans Değerlendirme Puanı	Tedarik Zinciri Ortalama Anket Puanları	Tedarik Zinciri Departmanı Performans Değerlendirme Puanı	Üretim Departmanı Ortalama Anket Puanları	Üretim Departmanı Performans Değerlendirme Puanı
Şirket İçi Toplam Maliyet	0,24	3,33	0,8	3,33	0,8	3,66	0,87
Stokların Yönetimi	0,12	3,66	0,4	3,33	0,39	3,66	0,43
Karlılık	0,1	4	0,4	4,66	0,45	3,33	0,32
Satış	0,06	3,66	0,2	4,33	0,25	4,33	0,25
Müşteri Memnuniyeti	0,12	4	0,5	4	0,48	4,66	0,56
Müşteri Güvenirliliği	0,07	3,66	0,3	4	0,28	5	0,35
Müşteriye Hızlı Cevap Verme	0,06	3,66	0,2	4	0,22	5	0,28
Pazar Payı	0,03	3,66	0,1	4	0,12	3,66	0,11
Ürün Kalitesi	0,08	4	0,3	5	0,38	4,33	0,33
Hatalı Ürün Oranının Azalması	0,05	4,33	0,2	4	0,18	4	0,18
Operasyonel Verimlilik	0,02	3,66	0,1	3,66	0,09	3,33	0,08
Üretim Süreçlerinde Esneklik	0,01	3,33	0	3,33	0,04	3	0,03
Kalifiye İş Gücü	0,05	3	0,1	4	0,18	3,33	0,15
Çalışan Motivasyonu	0,02	3	0,1	3,33	0,07	2,66	0,06
Personel Devir Hızı Azalması	0,01	3	0	3,33	0,03	3	0,03

Bu değerlendirmelere göre, bilgi teknolojileri departmanına göre finansal süreçlerin performans puanı 1,8, müşteri boyutunun performans puanı 1,1, iç süreçler boyutunun performans puanı 0,6 ve öğrenme & gelişim boyutunun performans puanı 0,2 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Endüstri 4.0 uygulamalarının, şirket içindeki alt boyutlar arasında en fazla etkiyi finansal süreçlerde yarattığını, en düşük etkiyi ise öğrenme ve gelişim boyutunda sağladığını ortaya koymaktadır. Bilgi Teknolojileri departmanına ait değerlendirmeler doğrultusunda, hesaplanan toplam performans puanı 3,7 olarak tespit edilmiştir.

Benzer bir değerlendirme, tedarik zinciri departmanındaki üç müdür tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, alt boyutlara verilen ortalama puanlar hesaplanmış ve bu puanlar üzerinden boyutlara ilişkin performans değerlendirme puanları belirlenmiştir.

Finansal süreçlerin performans puanı 1,89, Müşteri boyutunun performans puanı 1,1, İç süreçler boyutunun performans puanı 0,69 ve Öğrenme - Gelişim boyutunun performans puanı ise 0,28 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Endüstri 4.0 uygulamalarının, Tedarik Zinciri departmanındaki alt boyutlar arasında en fazla etkiyi finansal süreçlerde yarattığını, en düşük etkiyi ise öğrenme ve gelişim boyutunda sağladığını göstermektedir. Tedarik zinciri departmanına ait değerlendirmeler doğrultusunda hesaplanan toplam performans değerlendirme puanı 3,96 olarak hesaplanmıştır.

Bu değerlendirme, üretim departmanında görevli üç müdür ile de gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, her bir alt boyuta verilen ortalama puanlar hesaplanarak, bu puanlar üzerinden her bir boyutun performans değerlendirme puanları belirlenmiştir.

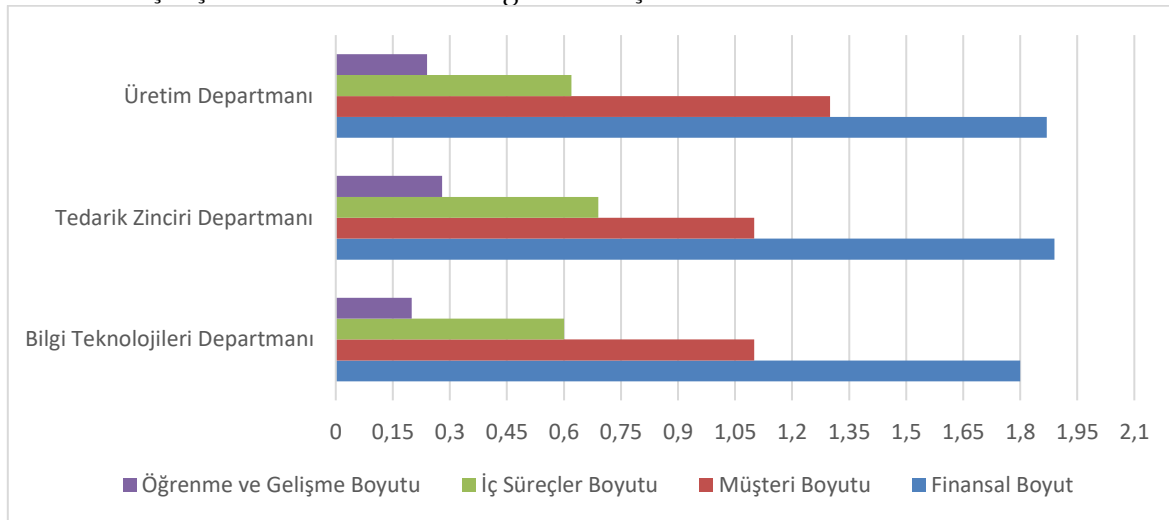
Endüstri 4.0 uygulamalarının Üretim departmanındaki alt boyutlardaki performanslarına etkisi ölçülmüştür. Finansal boyutun performans puanı 1,87, Müşteri boyutunun performans puanı 1,3, İç süreçler boyutunun performans puanı 0,62 ve Öğrenme & Gelişim boyutunun performans puanı ise 0,24 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Endüstri 4.0 uygulamalarının, Üretim departmanındaki alt

boyutlar arasında en fazla etkiyi finansal süreçlerde yarattığını, en düşük etkiyi ise öğrenme ve gelişim boyutunda sağladığını göstermektedir. Üretim departmanına ait değerlendirmeler doğrultusunda, hesaplanan toplam performans değerlendirme 4,03 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6. Departmanlar Arası Endüstri 4.0 Uygulamalarının Denge Skor Kartı Ana Boyutları Performans Karşılaştırması

	Bilgi Teknolojileri Departmanı Performans Değerlendirme Puanı	Tedarik Zinciri Departmanı Performans Değerlendirme Puanı	Üretim Departmanı Performans Değerlendirme Puanı
Finansal Boyut	1,8	1,89	1,87
Müşteri Boyutu	1,1	1,1	1,3
İç Süreçler Boyutu	0,6	0,69	0,62
Öğrenme ve Gelişim Boyutu	0,2	0,28	0,24
Toplam Puan	3,7	3,96	4,03

Her departman, endüstri 4.0 uygulamalarının dört ana boyut (finansal, müşteri, iç süreçler ve öğrenme & gelişim) ve bu boyutlara ait alt boyutlar üzerindeki performans etkilerini kendi içlerinde karşılaştırarak değerlendirmiştir. Departmanların puanları Tablo 6'da, tüm departmanların performans karşılaştırması ise Grafik 1'de gösterilmiştir



Grafik 1. Departmanlar Arası Endüstri 4.0 Uygulamalarının Denge Skor Kartı Ana Boyutları Performans Karşılaştırması

Finansal boyut, Endüstri 4.0 uygulamalarının şirketin ekonomik faydalarına katkısını değerlendirmektedir. Bilgi Teknolojileri departmanı 1,8 puan ile bu boyutta son seviyede performans göstermiştir. Tedarik Zinciri Departmanı 1,89 puan ile lider konumdadır. Bu sonuç, Endüstri 4.0 uygulamalarının tedarik zincirindeki finansal süreçleri optimize ettiğini göstermektedir. Üretim Departmanı ise 1,87 puan ile ikinci sırada yer almıştır. Bu bulgular, Tedarik Zinciri Departmanı'nın finansal boyutta Endüstri 4.0 uygulamalarından en fazla fayda sağlayan departman olduğunu ortaya koymaktadır.

Müşteri boyutunda, Endüstri 4.0 uygulamalarının müşteri memnuniyetine ve beklentilerine etkisi incelenmiştir. Bilgi Teknolojileri ve Tedarik Zinciri departmanları, 1,1 puan ile eşit performans göstermiştir. Üretim Departmanı 1,3 puan ile bu boyutta en yüksek performansa sahiptir. Bu sonuç, Üretim Departmanı'nın müşteri ihtiyaçlarına yönelik Endüstri 4.0 uygulamalarını daha etkin bir şekilde entegre edebildiğini göstermektedir.

İç süreçler boyutu, şirket içindeki operasyonların dijitalleşme ve verimlilik seviyesini değerlendirmektedir. Bilgi Teknolojileri Departmanı, 0,6 puan ile bu boyutta en düşük performansa sahiptir. Tedarik Zinciri Departmanı, 0,69 puan ile lider konumdadır. Üretim Departmanı ise 0,62 puan ile ikinci sırada yer almaktadır. Tedarik Zinciri Departmanı'nın iç süreçler boyutundaki liderliği, Endüstri 4.0 uygulamalarını süreç yönetiminde daha etkin kullandığını göstermektedir. Bilgi Teknolojileri Departmanı ise süreçlerin dijitalleşmesi konusunda iyileştirme gereksinimi duymaktadır.

Öğrenme ve gelişme boyutunda Endüstri 4.0 uygulamalarının bilgi paylaşımı, çalışan gelişimi ve organizasyonel öğrenme üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir. Bilgi Teknolojileri Departmanı, 0,2 puan ile en düşük performansı göstermiştir. Tedarik Zinciri Departmanı, 0,28 puan ile bu boyutta liderdir. Üretim Departmanı ise 0,24 puan ile ikinci sırada yer almaktadır. Genel olarak tüm departmanlarda bu boyuttaki puanlar oldukça düşük seviyededir. Bu durum, Endüstri 4.0 uygulamalarının öğrenme ve gelişim süreçlerine yeterince entegre edilemediğini göstermektedir.

Tüm departmanlar için yapılan değerlendirmeler ve hesaplamalar sonucunda, şirketin genel endüstri 4.0 performans puanı 3,93 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, her bir departmanın katkılarını ve alt boyutlardaki performans seviyelerini birleştirerek elde edilen genel değerlendirmeyi yansıtmaktadır.

Sonuç ve Değerlendirme

İşletmelerin kaliteli ürün ve kaliteli hizmet sunabilme, maliyetlerini azaltabilme ve genel performanslarını en üst düzeye çıkarabilme hedefi, Endüstri 4.0 ve teknolojilerinin işletme süreçlerine entegrasyonunu zorunlu kılmıştır. Bu teknolojilerin iş süreçlerine etkisini ve performansa katkısını ölçümlemek isteyen firmalar, uygun performans değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duymaktadır. Endüstri 4.0'ın getirdiği köklü dönüşüm, üretim sektöründe olduğu kadar hızlı tüketim malları sektöründe de önemli değişikliklere yol açmaktadır. Bu değişim, piyasa taleplerindeki hızlı değişimler ve dinamik tüketici davranışları ile birleşerek fiyatlama stratejilerinin ve marka sadakatinin kritik hale gelmesine neden olmuştur.

Geleneksel performans ölçüm kriterlerinin (örneğin, yalnızca kârlılık ve maliyet gibi unsurlar) artık yetersiz kaldığı, performansın çok boyutlu bir perspektiften değerlendirilmesi gerektiği araştırmalarla ortaya konmuştur. Literatür taramaları, mevcut performans değerlendirme yaklaşımlarının sektörel özelliklere göre uyarlanması gerektiğini ve her modelin her sektöre uygun olmadığını göstermektedir. Özellikle FMCG sektörüne odaklanan bu çalışma, sektörün kendine has dinamikleri doğrultusunda performans değerlendirme yöntemlerini analiz etmek ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını daha anlamlı bir şekilde yorumlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda, finansal ve finansal olmayan unsurları dikkate alan bir performans değerlendirme yöntemi olarak Dengeli Skor Kartı seçilmiştir. Bu kartın alt boyutları, literatür taramaları sonucu belirlenmiştir. Daha sonra, FMCG sektöründeki firmaların müdürleri ile mülakatlar yapılmış ve soru formları üzerinden görüşleri alınmıştır ve bu boyutların önem dereceleri AHP yöntemi ile önceliklendirilmiştir. Araştırmanın sonucunda, sektör için en önemli ana boyutun finansal boyut, en kritik alt boyutların ise şirket genelindeki toplam maliyet, stok yönetimi ve müşteri memnuniyeti olduğu tespit edilmiştir.

Oluşturulan performans değerlendirme modeli, Ege Bölgesinde bulunan bir hızlı tüketim ürünleri firmasında uygulanmıştır. Firmanın bilgi teknolojileri, üretim ve tedarik zinciri müdürlerine yapılan görüşmelerle firmanın departman bazlı performans değerlendirme notu hesaplanmıştır.

Bilgi Teknolojileri departmanının toplam endüstri 4.0 performans puanı 3,7 olarak hesaplanırken, tedarik zinciri departmanı için bu puan 3,96, üretim departmanı için ise 4,03 olarak belirlenmiştir. Departmanlar bazında Endüstri 4.0 uygulamalarının boyutlar üzerindeki performans etkisi değerlendirildiğinde, finansal boyutun diğer boyutlara kıyasla en yüksek performansı sergilediği, buna karşılık öğrenme ve gelişme boyutunun en düşük performansı gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu değerlendirme, Endüstri 4.0 uygulamalarının farklı departmanlardaki etkilerini süreç bazlı ve toplam performans üzerinden karşılaştırmalı olarak ele almıştır. Bulgular, her departmanın güçlü ve zayıf yönlerini açıkça ortaya koymaktadır. Bilgi Teknolojileri Departmanı, özellikle iç süreçler ve öğrenme-gelişme boyutlarında düşük performans sergilemiştir. Bu nedenle, süreç yönetimi ve çalışan gelişimi konularında iyileştirme çalışmaları yapılması önerilmektedir. Tedarik Zinciri Departmanı, süreç yönetimi ve öğrenme-gelişme boyutlarında lider olsa da, müşteri boyutunda daha iyi bir performans için yeni stratejiler geliştirebilir. Üretim Departmanı, finansal ve müşteri boyutlarındaki güçlü performansını öğrenme ve gelişim boyutunda yapılacak yatırımlarla daha da ileriye taşıyabilir. Bu analiz, Endüstri 4.0 uygulamalarının şirket performansı üzerindeki etkisini anlamaya yönelik önemli bir temel sunmaktadır. İlerleyen çalışmalarda, her departmanın zayıf yönlerine odaklanarak iyileştirme stratejileri geliştirilmesi, dijital dönüşümden elde edilen faydayı artıracaktır.

Şirketin Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin genel performans notu, Denge Skor Kartı'ndaki alt boyutlar bazında 3.93 olarak belirlenmiştir. Şirketler bu ölçümü ihtiyaçlarına göre belirli aralıklarla düzenli olarak tekrarladığı takdirde, Endüstri 4.0 uygulamalarının iş süreçlerine olan etkilerini etkin bir şekilde izleyebilir. Ayrıca, bu süreç farklı departmanların da dahil edilmesi, değerlendirmeyi daha kapsayıcı hale getirebilir. Ek olarak, şirket, sektördeki diğer firmalarla bu ölçümleri karşılaştırarak rekabet ortamını değerlendirebilir ve kendi durumunu daha iyi analiz edebilir.

Bu çalışma, FMCG sektöründeki işletmeler için Endüstri 4.0 performans değerlendirmesi yapabilme konusunda önemli bir referans niteliği taşımaktadır. Ancak araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, veri toplama süreci sınırlı sayıda firma ile gerçekleştirilmiştir; bu durum, sonuçların genelleştirilebilir olmasını sınırlayabilir. Görüşmeler, sadece müdür seviyesindeki yöneticilerle sınırlı kalmış olup, çalışanların farklı kademelerindeki görüşler dikkate alınmamıştır. Ayrıca, alt boyutların belirlenmesinde literatüre dayalı bir yöntem benimsenmiş olsa da sektör temsilcilerinin doğrudan katkısı sınırlı kalmıştır; bu durum boyutların sektöre özgü gereklilikleri tam anlamıyla yansıtamamasına neden olabilir.

Performans değerlendirme sisteminin ağırlıklandırılmasında yalnızca AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada AHP yöntemi, performans kriterlerini hiyerarşik yapıya dönüştürebilmesi, uzman görüşlerini ikili karşılaştırmalarla sistematik olarak değerlendirebilmesi ve tutarlılık oranıyla sonuçların güvenilirliğini ölçebilmesi nedeniyle tercih edilmiştir. Oysa farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin (örneğin, TOPSIS veya PROMETHEE) kullanımı, daha çeşitli ve derinlemesine bir analiz sunabilirdi. Ayrıca, çalışmada zaman ve maliyet gibi kaynak kısıtları nedeniyle daha geniş çaplı ve uzun vadeli bir uygulama yapılamamış, bu da dinamik performans değişimlerinin ölçümünü sınırlamıştır. Gelecekte, daha kapsamlı veri setleri, farklı yöntemler ve daha fazla katılımcı ile gerçekleştirilecek çalışmalar, performans analizinin hem doğruluğunu hem de geçerliliğini artırabilir.

Kaynakça

- Adeyemia, O. A., Pintob, P. M., Sunmolac, F., MusaAibinud, A., Okesolae, J. .., & Adeyemi, E. .. (2024). Towards the Adoption of Industry 4.0 Technologies in the Digitalization of Manufacturing Supply Chain. *Procedia Computer Science*, 337-347.
- Aka, D. Ç. (2022). Determination of Critical Success Factors in the Implementation of Industry 4.0 and Evaluation of the Situation of Firms Receiving Investment Incentives with the Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS Method. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(41), 36-47.
- Chen, C. P., & Zhang, C. Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Information Sciences*, 275, 314-347.
- Cihan, Ü., Sungur, C., ve Yıldırım, H. (2022). Application of the Maturity Model in Industrial Corporations. *Sustainability*.
- Clark, H. (2024, November 18). *What Is the Weighted Scoring Model and How Does it Work?* The Product Manager: <https://theproductmanager.com/topics/weighted-scoring-model>
- Çanakçıoğlu, M., ve Demirbaş, M. (2009). Performans Ölçüm Yöntemleri ile Kurumsal Karne Yaklaşımı. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 59, 213 - 238.

- Efimova, A., & Briš, P. (2021). Quality 4.0 for processes and customers. *Quality Innovation Prosperity*, 25.
- Entrepreneurship, C. (2020). *Weighted Factor Model*. Charity Entrepreneurship's: <https://www.charityentrepreneurship.com/weighted-factor-model>
- Frederico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Kumar, A., & Kumar, V. (2021). Performance measurement for supply chains in the Industry 4.0 era: a balanced scorecard approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(4).
- Gebhardt, M., Spieske, A., Kopyto, M., & Birkel, H. (2022). Increasing global supply chains' resilience after the COVID-19 pandemic: Empirical results from a Delphi study. *Journal of Business Research*, 150, 59-72.
- Gowland, M. (2024). *What's a weighted scoring model? An essential guide for beginners*. Tempo Strategic Roadmaps : <https://roadmunk.com/product-management-blog/weighted-scoring-model/>
- Guidi, G., Goffo, G., & Violante, A. C. (2024, June). Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method to identify the most suitable approach for managing irradiated graphite. *Nuclear Engineering and Technology*.
- Gümüş, H. G. (2023). İşletme Performansı ve Endüstri 4.0 Teknolojileri İlişkisi; Teorik Bir Analiz. *İşletme ve Girişimcilik Araştırma Dergisi*, 1-14.
- Jacob, K., Woschanka, M., & Nadine, O. (2024). Industry 4.0 Technologies and their Implications for Environmental Sustainability in the Manufacturing Industry. *5th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing*, (s. 2777-2789). Elsevier.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Sinha, A. K. (2024). Digital economy to improve the culture of industry 4.0: A study on features, implementation and challenges. *Green Technologies and Sustainability*, 2(2). doi:<https://doi.org/10.1016/j.grets.2024.100083>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). *The Balanced Scorecard - Measures That Drive Performance*.
- Kartalis, N., Velentzas, J., & Broni, G. (2013). Balance Scorecard and Performance Measurement in a Greek. *International Conference on Applied Economics (ICOAE) 2013* (s. 413-422). Elsevier.
- Kaygusuz, S. Y. (2005). Yönetim Muhasebesinin Performans Yönetimi Fonksiyonunda Geldiği Son Nokta: Balanced Scorecard (Ölçüm Kartı Tekniği). *İş, Güç Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 7(1), 81 - 103.
- Kloviene, L., & Uosyte, I. (2019). Development of Performance Measurement System in the Context of Industry 4.0: a Case Study. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 30(4), 472-482.
- Kuğu, T. D., & Kırılı, M. (2013). İşletme Performansının Değerlendirilmesinde Bir Yenilikçi Yönetim Muhasebesi Aracı Olarak Balanced Scorecard Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18, 301-318.
- Majumder, M. (2015). *Multi Criteria Decision Making*.
- Medori, D., & Steple, D. (2000). A framework for auditing and enhancing performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(5), 520-533.
- Odważny, F., Cyplik, P., & Szymańska, O. (2018). Smart Factory: The requirements for implementation of the Industry 4.0 solutions in FMCG environment-case study. *Scientific Journal of Logistics*.
- Özdemir, Y. S. (2022). A Spherical Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model for Industry 4.0 Performance Measurement. *Axioms*. doi:<https://doi.org/10.3390/axioms11070325>
- Özyörük, B., Şirin, Y., Yoksulabakan, T., Şanver, M., ve Saraç, M. (2014). Performans Ölçümünde Dengelenmiş Skor Kart Ve Analitik Hiyerarşi Prosesi Entegrasyonu. *Tübbav Bilim* 7, 7, 7-28.
- Pérez, C. Á., Montequín, V. R., Fernández, F. O., & Balsera, J. V. (2017). Integrating Analytic Hierarchy Process (AHP) and Balanced Scorecard (BSC) Framework for Sustainable Business in a Software Factory in the Financial Sector. *Sustainability*. doi:10.3390/su9040486
- Radebe, B., Ayomoh, M., & Yadavalli, S. (2022). Integrated Big Data Analytics Conceptual Framework for Information Sharing across the fast-moving consumer goods industry. *Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*. Gold Coast, Australia: IEEE.

- Sağtaş, S. (2021). Endüstri 4.0'ın Dijital Pazarlamaya Etkileri. *Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 51-66.
- Sainaghi, R., Phillips, P., & Corti, V. (2013). Measuring hotel performance: Using a balanced scorecard perspectives' approach. *International Journal of Hospitality Management*, 34, 150-159.
- Sarraf, F., & Nejad, S. H. (2020). Improving performance evaluation based on balanced scorecard with grey relational analysis and data envelopment analysis approaches: Case study in water and wastewater companies. *Evaluation and Program Planning*, 79. doi:https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2019.101762
- Shakur, M. S., Lubaba, M., Debnath, B., Bari, A. B., & Rahman, M. A. (2024). Exploring the Challenges of Industry 4.0 Adoption in the FMCG Sector: Implications for Resilient Supply Chain in Emerging Economy. *Logistics*. doi: https://doi.org/10.3390/logistics8010027
- Singh, P., & Kalamdhad, A. S. (2024). Unravelling barriers associated with dissemination of large-scale biogas plant with analytical hierarchical process and fuzzy analytical hierarchical process approach: Case study of India. *Bioresource Technology*.
- Varmazyar, M., Dehghanbaghi, M., & Afkhami, M. (2016). A novel hybrid MCDM model for performance evaluation of research and technology organizations based on BSC approach. *Evaluation and Program Planning*, 58, 125-140.
- Varriale, V., Cammarano, A., Michelino, F., & Caputo, M. (2023). Integrating blockchain, RFID and IoT within a cheese supply chain: A cost analysis. *Journal of Industrial Information Integration*, 34. doi:https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100486
- Yaghoobi, T., & Haddadi, F. (2016). Organizational performance measurement by a framework integrating BSC and AHP. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 959-976.
- Zainurin, M. Z., Masri, M., & Besar, M. H. (2021). Industry 4.0 Technologies as Decision Aid in Performance Measurement System. *International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)*.
- Zio, S. D., & Gordon, T. J. (2024). Exploring a method to reduce inconsistency in the group Analytic Hierarchy Process using the Delphi method and Nudge theory. *Futures*, 161.

Extended Abstract

Aim and Scope

Industry 4.0 technologies offer innovative solutions to optimize production, enhance resource efficiency, and respond quickly to customer demands. The opportunities offered by Industry 4.0, such as digitalization, automation, and data analytics, provide companies with more precise and accurate measurement tools to monitor and manage their performance. Thus, proposing a model to evaluate the performance of Industry 4.0 applications is essential. The implementation of Industry 4.0 applications in the Fast-Moving Consumer Goods (FMCG) sector is essential for enhancing operational efficiency, improving supply chain transparency, and meeting the rapidly evolving consumer demands. Performance evaluation of these technologies, including IoT, big data analytics, and automation, is crucial to assess their impact on productivity, cost reduction, and sustainability, thereby enabling firms to adapt strategically in a highly competitive market. This study proposes a model based on the Balanced Scorecard to help FMCG companies assess Industry 4.0 performance, improve efficiency, and gain a competitive edge.

Methods

This study employs the Balanced Scorecard (BSC) model as a foundation for measuring Industry 4.0 performance. BSC consists of four main dimensions: financial, customer, internal processes, and learning and growth [3]. The sub-dimensions within these categories were determined through an extensive literature review. Following the completion of the model's design process, a comprehensive survey was conducted to determine the relative importance of the main and sub-dimensions.

Within the scope of this study, data were collected from managers working in various companies in the fast-moving consumer goods (FMCG) sector using a Likert scale-based

questionnaire. The survey results were analyzed in detail using the Analytic Hierarchy Process (AHP), a multi-criteria decision-making method. Based on the importance weights derived through AHP, an Industry 4.0 performance evaluation was conducted for a selected company operating in the FMCG sector. To facilitate the company's self-assessment, a survey was administered to managers from different departments. The responses, collected using the Likert scale, were analyzed by evaluating the performance of each unit separately. As a result of this analysis, Industry 4.0 performance scores were calculated both at the unit level and overall, enabling comparisons between the main dimensions and across departments.

Findings

The results of the BSC analysis, conducted based on the AHP method, indicate that the financial dimension is the most critical factor in the evaluation of Industry 4.0 performance. An examination of the sub-criteria within the financial dimension reveals that company-wide total cost holds a weight of 24%, inventory management 12%, and profitability 10%. Within the customer dimension, customer satisfaction was found to have an importance weight of 12%, while customer reliability was assigned a weight of 7%. In the internal processes dimension, product quality accounted for 8%, whereas operational efficiency carried a weight of 2%. Within the learning and growth dimension, qualified workforce was determined to have an importance weight of 5%, while reducing employee turnover was assigned a weight of 1%. These findings suggest that financial indicators and customer-oriented criteria are prioritized in the assessment, whereas factors such as process flexibility and employee engagement are comparatively less significant.

In AHP analysis, the consistency ratio (CR) is calculated to assess the accuracy and reliability of the decision matrix. According to Saaty, CR should be less than 10%. In the AHP method, λ_{max} is calculated by multiplying the pairwise comparison matrix with the weight vector, then dividing the resulting values by the corresponding weights and taking their average. A CR of 10% or below indicates that the decision-making process is consistent and reliable. These calculations help identify and correct inconsistencies in the analysis. The consistency ratios of the sub-criteria under the financial dimension, customer dimension, internal processes dimension, and learning and growth dimension, along with the main criteria, were found to be below 10%. This confirms that all criteria are consistent.

In accordance with the importance weights determined using the AHP method, the impact of Industry 4.0 applications on performance was analyzed within the scope of an Industry 4.0 performance evaluation for a company operating in the FMCG sector, specifically focusing on the production, supply chain, and information technology departments.

In this context, the financial dimension evaluates the contribution of Industry 4.0 applications to the company's economic benefits. The Information Technology Department has shown the lowest performance with a score of 1.8. The Supply Chain Department, with a score of 1.89, holds the leading position, indicating that Industry 4.0 applications have optimized financial processes within the supply chain. The Production Department ranks second with a score of 1.87. The findings suggest that the Supply Chain Department gains the most benefit from Industry 4.0 applications in the financial dimension.

In the customer dimension, the impact of Industry 4.0 applications on customer satisfaction and expectations was evaluated. Both the Information Technology and Supply Chain departments performed equally with a score of 1.1. The Production Department achieved the highest performance in this dimension with a score of 1.3. This result indicates that the Production Department has more effectively integrated customer-focused Industry 4.0 applications.

In the internal processes dimension, the level of digitalization and efficiency of internal operations was considered. The Information Technology Department recorded the lowest performance with a score of 0.6. The Supply Chain Department achieved the highest performance with a score of 0.69, while the Production Department ranked second with a score of 0.62. The leadership of the Supply Chain Department demonstrates that Industry 4.0 applications are more effectively utilized in process management, while the Information Technology Department shows a need for improvement in the digitalization of processes.

In the learning and growth dimension, the impact of Industry 4.0 applications on knowledge sharing, employee development, and organizational learning was analyzed. The Information Technology Department scored the lowest with 0.2, while the Supply Chain Department achieved the highest performance with 0.28. The Production Department ranked second with a score of 0.24. Overall, low scores were observed across all departments in this dimension, indicating that Industry 4.0 applications have not been sufficiently integrated into learning and development processes.

Based on the analysis and calculations conducted for all departments, the company's overall Industry 4.0 performance score was determined to be 3.93 out of 5.

Conclusion

It has been demonstrated through existing research that traditional performance measurement criteria, which rely solely on financial indicators, are insufficient in today's competitive environment. In this context, this study, which specifically focuses on the fast-moving consumer goods sector, aims to comprehensively analyze the effects of Industry 4.0 applications in line with the sector's unique dynamics.

In this study, the Balanced Scorecard method, which includes both financial and non-financial elements, was adopted as a holistic performance evaluation model. The analyses conducted based on the importance weights determined by the AHP method reveal that the effects of Industry 4.0 applications on performance vary across departments, with the supply chain and production departments benefiting more from this transformation process. Notably, the optimization of financial processes stands out as one of the most tangible gains of digital transformation, while organizational learning and development processes have not fully benefited from this transformation.

To monitor the long-term impact of Industry 4.0 and maintain a sustainable competitive edge, companies should repeat the evaluation regularly (e.g., annually or semi-annually). Involving multiple departments in the process can offer a broader perspective, aiding strategic decisions. Prioritizing the learning and growth dimension is crucial for securing long-term competitiveness.

Ekler

Ek 1. FMCG Sektöründe Çalışan Müdürlere Yönelik AHP Anketi

Bu anket formu, farklı hızlı tüketim ürünleri firmalarında görev yapan müdür düzeyindeki katılımcıların görüşleri doğrultusunda, Endüstri 4.0 performans değerlendirme modelinde yer alan ana ve alt boyutların göreceli önem derecelerini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Anket, Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemine uygun olarak ikili karşılaştırmalar içermektedir.



FMCG Sektöründeki Firmaların Endüstri 4.0 Performans Değerlendirme Ölçütlerinin Belirlenmesi - Google Formlar.pdf

Ek 2. Seçilen FMCG Firması Yöneticilerine Yönelik Öz Değerlendirme Anketi

Bu anket, belirlenen Endüstri 4.0 performans kriterlerine göre bir FMCG firmasında görev yapan yönetici düzeyindeki çalışanların kendi firmalarının mevcut dijital dönüşüm düzeyini değerlendirmelerine olanak sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Anket verileri, modelin performans puanlamasında doğrudan kullanılmıştır.



Endüstri 4.0 Şirket Performans Değerlendirmesi - Google Formlar.pdf