

NESNELERİN İNTERNETİ TEKNOLOJİLERİNİN ÜRÜN TEDARİK YÖNETİMİNDE KULLANIMI:
PERAKENDE MAĞAZALARA YÖNELİK MODEL ÖNERİSİ *

The Use of IoT Technologies in Product Supply Management: A Model Proposal for Retail Stores

Arş. Gör. Ali Kaan BARKA 
Sorumlu Yazar/Corresponding Author
Dokuz Eylül Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Yönetim Bilişim Sistemleri
alikaan.barka@deu.edu.tr
0009-0009-7174-7957

Doç. Dr. Hakan AŞAN 
Dokuz Eylül Üniversitesi
İzmir Meslek Yüksekokulu
Muhasebe ve Vergi Uygulamaları
hakan.asan@deu.edu.tr
0000-0001-9550-3345

Prof. Dr. Çiğdem TARHAN 
Dokuz Eylül Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Yönetim Bilişim Sistemleri
cigdem.tarhan@deu.edu.tr
0000-0002-5891-0635

Prof. Dr. Vahap TECİM 
Dokuz Eylül Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Yönetim Bilişim Sistemleri
vahap.tecim@deu.edu.tr
0000-0001-5319-5241

Makale Türü : Araştırma
Makale Gönderim Tarihi : 25.02.2026
Makale Revizyon Tarihi : 13.05.2026
Makale Kabul Tarihi : 14.05.2026
Makale Yayın Tarihi : 12.06.2026

Atıf/Citation: Barka, A.K., Aşan, H., Tarhan, Ç. ve Tecim, V. (2026). Nesnelerin interneti teknolojilerinin ürün tedarik yönetiminde kullanımı: Perakende mağazalara yönelik model önerisi. *Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 1-17.

* Bu çalışma, 24-26 Ekim 2024 tarihinde 11. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı'nda sunulan özet bildirinin genişletilmiş hâlidir.

Doi: 10.56400/tarsusiibfdergisi.1897508

Öz

Tedarik yönetimi stratejilerinin uygulanması, sektörde hızla değişen müşteri beklentileri ve artan rekabet nedeniyle zorunlu hale gelmiştir. Müşteri taleplerinin karşılanabilmesi ve memnuniyet düzeylerinin artırılabilmesi hem operasyonel verimlilik hem de sürdürülebilirlik açısından kritik bir gereksinimdir. Buna karşın, ürünlerin mağazalara tesliminden sonra gerçekleşen süreçlere ilişkin veri yetersizliği, tedarik zincirinin son aşamasının analiz edilmesini güçleştirmektedir. Bu bağlamda, Nesnelerin İnterneti teknolojileri süreçlerin izlenebilirliğini, şeffaflığını ve verimliliğini artırarak perakende işletmelerine önemli avantajlar sunmaktadır. Bu çalışmada, nesnelerin interneti teknolojilerinin tedarik zincirinin nihai müşteriyle buluşma aşamasına entegrasyonunu esas alan bir model önerisi geliştirilmekte ve müşteri davranışlarını anlık olarak elde ederek analiz edecek bir model önerisi sunulmaktadır. Önerilen modelin potansiyel faydaları, uygulanabilirlik stratejileri ve karşılaşılabilecek temel zorluklar ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Perakende Mağaza, Nesnelerin İnterneti, Tedarik Yönetimi, Akıllı Raf.

Abstract

Implementing supply management strategies has become crucial in the industry due to rapidly evolving customer expectations and rising competition. Meeting customer demands and boosting satisfaction are essential for operational efficiency and sustainability. However, the lack of data on processes after products are delivered to stores makes it difficult to conduct a comprehensive analysis of the last mile of the supply chain. In this context, Internet of Things (IoT) technologies provide significant advantages to retail businesses by enhancing traceability, transparency, and process efficiency. This study proposes a model that integrates IoT technologies into the end-customer connection stage of the supply chain and introduces a real-time analysis model for customer behavior. The potential benefits, application strategies, and key challenges of the proposed model are discussed comprehensively.

Keywords: Retail Store, Internet of Things, Supply Management, Smart Shelf.

GİRİŞ

Günümüzde perakende sektöründe rekabetin artması ve müşteri beklentilerinin hızla değişmesi, zincir mağazalar için etkili tedarik yönetimi stratejilerinin önemini her zamankinden daha fazla artırmıştır. Müşteri taleplerini anlamak, zamanında ve doğru bir şekilde müşteriye cevap verebilmek, müşteri memnuniyetini sağlayacağı gibi operasyonel verimliliği artırmak ve sürdürülebilirlik açısından da önemli rol oynamaktadır. Satış ve dağıtım açısından birçok çalışma yapılmış ve sektörde strateji geliştirilmiştir; ancak ürünün perakende mağazasına teslim edilmesinden sonraki süreçte verilerin olmaması nedeniyle ürünün nihai müşteri buluşmasına dair analizler yapılamamaktadır. Eğer ürünün nihai müşteri ile buluşmasına dair veriler elde edilebilirse, ürün hangi aralıkta, hangi yoğunlukta satılmaktadır? Nihai müşteri, ürün ve raf dolaşımı nasıl? gibi sorulara yanıt bulunabilir. Elde edilecek bu değerli verilerin analizi ile müşteri ilişkileri yönetimine farklı bir bakış açısı kazandırılacaktır. Bu veriye ulaşmak son derece zordur. Pratikte bu veri mağaza temsilcileri tarafından yerinde incelemelerle sağlanmaktadır. Ancak her mağaza için bir temsilcinin belirlenmesi neredeyse imkansızdır. Bu bağlamda, Nesnelerin İnterneti teknolojileri (Internet of Things - IoT), tedarik zinciri yönetiminde mağazalara önemli bir avantaj sunmaktadır.

Nesnelerin İnterneti, fiziksel nesnelerin birbirleriyle ve daha büyük sistemlerle veri alışverişinde bulunmasını sağlayarak, tedarik zinciri süreçlerini verimli, şeffaf ve izlenebilir hale getirecektir. Bu teknolojinin sunduğu imkanlar, envanter yönetimi, stok takibi, talep tahmini ve sipariş süreçlerinin optimize edilmesi gibi alanlarda zincir mağazaların rekabet gücünü artırmaktadır.

Perakende de IoT teknolojilerinin artan önemi pazar verileriyle de desteklenmektedir. Fortune Business Insights (2026) raporuna göre, küresel perakendede IoT pazarının büyüklüğü 2025 yılında 70,07 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Pazarın 2026 yılında 86,43 milyar ABD dolarından 2034 yılına kadar 482,84 milyar ABD dolarına yükselmesi ve bu dönemde %23,99 bileşik yıllık büyüme oranı göstermesi beklenmektedir. Bu veriler, IoT teknolojilerinin perakende sektöründeki dönüştürücü etkisini ve yatırım potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin kullanımında zincir mağazalara yönelik ürün tedarik yönetimini sağlayan bir model önerisinde bulunmaktadır. Bu model önerisi, tedarik zincirinin ürünün nihai müşteriye ulaşma aşamasında IoT teknolojilerinin entegrasyonu ve kullanımının nasıl gerçekleştirilebileceğine dair kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu bağlamda, modelin potansiyel faydaları, uygulama stratejileri ve olası zorlukları ele alınacak, ayrıca bu alanda mevcut literatüre katkı sağlayacak teorik ve pratik öneriler sunulacaktır.

1. PERAKENDE MAĞAZALARDA NESNELERİN İNTERNETİ TEKNOLOJİLERİ KULLANIMI

Nesnelerin interneti, hayal edilebilecek her türlü fiziksel nesnenin, internete bağlanarak diğer cihazlarla etkileşim kurmasıdır. Başka bir deyişle, her nesnenin 'akıllı' özellikler kazanması sürecidir. IoT, hem teknoloji hem de iş dünyasından gelen yeniliklerin bir sentezidir. Teknik olarak, IoT, cihazların, ağların, bilgi işlem altyapısının ve otomasyonun birleşimini sağlayan kapsamlı bir sistem yaklaşımıdır (Bıçakçı, 2019). Nesnelerin interneti kavramı olarak ilk defa 1999'da Kevin Ashton isimli araştırmacı tarafından kullanılmış olup, o zamandan günümüze farklı kuruluşlar ve araştırmacılar tarafından 'IoT' kavramına dair çeşitli tanımlamalar yapılmıştır (Bıçakçı, 2019).

Bilgi teknolojileri üzerine dünya genelinde araştırmalar yapan ve danışmanlık hizmeti sunan Gartner şirketi, IoT'yi, *“gömülü teknolojilere sahip fiziksel nesnelerin, kendi iç süreçleri veya dış çevreleriyle iletişim kurmasını, algılamasını veya etkileşimde bulunmasını sağlayan bir ağ”* olarak tanımlamaktadır (Gartner, 2024). Nesnelerin interneti konusunda Ar-Ge faaliyetlerini destekleyen bir organizasyon olan European Research Cluster on the Internet of Things (IERC), IoT'yi *“fiziksel ve sanal nesnelerin, internet üzerinden birbirleriyle ve diğer sistemlerle dinamik ve küresel bir ağda bağlantılı olduğu bir sistem”* olarak tanımlamıştır (European Research Cluster on the Internet of Things, 2024).

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (The International Telecommunication Union - ITU) ise IoT'yi, veri algılama, işleme ve iletişim yeteneklerine sahip teknolojilerin kullanılmasıyla fiziksel ve sanal nesnelerin birbirine bağlanarak gelişmiş hizmetlerin sunulmasını sağlayan küresel bir yapı olarak tanımlamıştır (International Telecommunication Union, 2012). Madakam vd. (2015) çalışmalarında IoT'yi, kendi kendini organize edebilen, bilgi, veri ve kaynakları paylaşabilen, çevredeki durumlara ve değişikliklere tepki verebilen ve bu değişikliklere göre hareket edebilen akıllı nesnelerden oluşan geniş ve kapsamlı bir ağ olarak tanımlamışlardır. Azroul vd. (2021) yaptıkları çalışmada IoT'yi, radyo frekansı tanımlama, kablosuz sensör ağları, mobil ağ ve büyük veri gibi yeni teknolojilerden yararlanan, nesnelerin internete bağlanarak veri alışverişinde bulunabildiği ve uzaktan kontrol edilebildiği bir genişletilmiş ağ olarak tanımlamışlardır. Villamil vd. (2020) çalışmalarında IoT'yi, insanların yaşam kalitesini iyileştiren ve belirli bilgilere ve hizmetlere erişimi kolaylaştıran bir teknoloji olarak tanımlamışlardır. Aynı çalışmada IoT'nin iş ve endüstri performansını artırabileceği, işlem kapasitesi ve veri taşınabilirliği gibi zorlukların üstesinden gelebileceği belirtilmiştir.

Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID) teknolojisi, IoT'nin önemli bileşenlerinden biridir. RFID, radyo dalgaları kullanarak nesnelerin tanımlanmasını ve bilgi aktarımını gerçekleştiren bir teknolojidir. RFID, etiketler ve okuyucular yardımıyla nesneleri tanımlar ve takip eder. Bu, teknoloji, nesnelerin otomatik ve kablosuz olarak tanımlanmasını sağlar (Fescioglu-Ünver vd., 2015; Liukkonen, 2015). RFID teknolojisi, tedarik zinciri yönetiminden ürün yaşam döngüsüne, malzeme taşımadan sağlık ve spor hizmetlerine kadar geniş bir uygulama yelpazesi sunmaktadır (Fescioglu-Ünver vd., 2015).

Literatürde, RFID kavramı çeşitli perspektiflerden farklı şekillerde tanımlanmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde, RFID teknolojisinin yetenekleri ve uygulama alanları bakımından farklı tanımlamalara ve farklı uygulama alanlarına tabi tutulduğu görülmektedir. Aşağıdaki yer alan maddeler, RFID teknolojisinin sahip olduğu yetenekler ve kullanım çeşitliliğini ortaya koymaktadır:

- RFID, radyo dalgaları aracılığıyla nesneleri ve kişileri tanımlayan küçük, kablosuz cihazlardır. RFID etiketleri, tedarik zincirlerinde nesnelerin izlenmesi amacıyla kullanılır ve bu etiketler kişilerin eşyalarında, ceplerinde ve hatta vücutlarında bulunabilir (Juels, 2006).
- RFID, radyo frekanslarını kullanarak insanları ve fiziksel nesneleri otomatik olarak tanımlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Musa ve Dabo, 2016).

- RFID teknolojisi, kütüphane otomasyonunda kullanıcılar ve kitaplar için benzersiz etiket numaralarının kullanılmasıyla tanımlama yapar ve bunun sayesinde kütüphanelerdeki hizmetlerin etkinliğini artırır (Singh vd., 2016).
- RFID teknolojisi, sağlık hizmetlerinde ürünlerin yönetimi, takibi ve operasyonel verimliliğin artırılması amacıyla kullanılan bir teknolojidir. Bu teknoloji, maliyet tasarrufunun sağlanması ve envanter seviyelerinin düşürülmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Fosso Wamba, 2012; Camacho-Cogollo vd., 2020).
- RFID teknolojisi, inşaat sektöründe binaların yaşam döngüsünün her aşamasında süreçlerin yönetimini sağlar. Tasarım ve planlama, inşa etme, devreye alma, işletme ve bakım gibi tüm aşamalarda etkin bir şekilde kullanılır (Valero vd., 2015).
- RFID teknolojisi, tarım ve gıda sektöründe otomatik geçiş ücreti toplama, hayvan takibi ve gıda güvenliği gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu teknoloji, gerçek zamanlı takip, lojistik yönetimi ve kalite kontrol uygulamalarıyla sektörde izlenebilirliği ve verimliliği artırır (Kumari vd., 2015).

RFID teknolojisi, IoT'nin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilir. RFID etiketleri, nesnelerin tanımlanmasını ve izlenmesini sağlar, bu da IoT'nin fiziksel dünyayı dijital dünya ile entegre etmesine olanak tanır. Bu teknoloji, her bir fiziksel nesneye küresel olarak erişilebilen sanal nesneler eşlik eder. Bu sanal nesneler, nesnenin fiziksel özellikleri, kökeni, sahipliği ve sensör verileri gibi çeşitli bilgileri içerir. RFID verileri, nesnelerin konumunu ve hareketini izlemek için kullanılabilir. Bu teknolojiyle elde edilen bilgiler, üretim, dağıtım, yönetim ve geri dönüşüm süreçlerini önemli ölçüde iyileştirebilir. Ayrıca, RFID verileri günlük yaşamda fiziksel olaylar hakkında ayrıntılı bilgi sağlayarak çeşitli uygulamaları dönüştürebilir (Welbourne vd., 2009). RFID teknolojisi, nesneleri görüş hattında olma gereksinimi duymadan gerçek zamanlı olarak izlemeyi mümkün kılmasıyla, IoT alanında en yaygın kullanılan ve tercih edilen iletişim yöntemlerinden biri haline gelmiştir (Erdal ve Ergüzen, 2020).

Tedarik zinciri, hammaddeden nihai ürüne kadar olan tüm süreçleri, bu süreçlerdeki tüm faaliyetleri ve rol alan bireyleri içeren sistematik bir ağıdır. Bu ağ, bir ürün veya hizmetin müşteriye ulaşana kadar geçtiği tüm aşamaları kapsar (Daşdemir ve Daşdemir, 2019). Fiziksel mağazalardaki ürünlerin üretilmesinden, taşınmasından, mağazalara dağıtılmasından ve müşterilere sunulmak üzere raflarda yerini bulması süreçlerinin tümü bir tedarik zincirine örnek olarak verilebilir. Tüm bu süreçler, ürünlerin mağaza raflarında bulunabilirliğini doğrudan etkilemektedir. Ürünlerin mağaza raflarında bulunabilirliği, yani ürünlerin zamanında tedarik edilmesi, müşterilerin memnuniyeti ve dolayısıyla işletmelerin başarısı için kritik öneme sahiptir (Martel ve Klibi, 2016; Ross, 2015).

IoT ve RFID teknolojilerinin fiziksel mağazalardaki uygulama alanları (Škiljo vd., 2020; Nakahara ve Yada, 2012; Radhakrishna vd., 2023):

- Stok-envanter yönetimi,
- kasiyersiz/tam otomatik ödeme ve akıllı alışveriş arabaları,
- mağaza içi müşteri davranış analizi, düzenleme & yerleşim optimizasyonu,
- omnichannel / mağaza destekli online sipariş ve lojistik,

- hırsızlık önleme, ürün sahteciliği, güvenlik olarak sıralanabilir.

IoT ve RFID teknolojilerinin uygulanmasında karşılaşılan zorluklar ve engeller aşağıdaki maddelerde özetlenmiştir (Doing Business in Bentonville, 2025; Supercom Group, 2024; Rishan Solutions, 2025):

- Etiket maliyeti ve altyapı yatırımı: Özellikle düşük fiyatlı ürünlerde RFID etiket maliyeti ve okuyucu altyapısının büyük bir engel olması.
- Fiziksel ortamda RFID okunabilirlik sorunları: Metal raflar, sıvı içeren ürünler, sinyal yansıma/çok yol etkisi gibi faktörler performansı düşürebilmektedir.
- Veri işleme ve analiz altyapısı: Toplanan büyük miktarda RFID/IoT verisinin anlamlı hale getirilmesi, mağaza operasyonlarına entegre edilmesi altyapı gereksinimi gerektirmektedir.
- Ölçeklenebilirlik ve gerçek zamanlılık: Özellikle akıllı alışveriş arabaları gibi uygulamalarda, binlerce eşzamanlı okuyucu/sensör/devreyi yönetmek, gecikmesiz çalıştırmak zorludur.
- Gizlilik ve müşteri kabulü: Özellikle müşteri hareket takibi, lokasyon verisi gibi konularda gizlilik kaygıları ve müşteri adaptasyonu hâlâ önemli birer husustur.

IoT ve RFID teknolojilerinin uygulanmasında karşılaşılan zorluklara ve engellere rağmen, gelecek yönelimleri bu alandaki çalışmaların yaygınlaşmasının süreceğini işaret etmektedir. Gelecek ile ilgili çalışmalar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Rukundo vd., 2025; VTI, 2025; Tosun ve Zaim, 2018):

- Tam otomatik mağazalar / kasiyersiz sistemler: Akıllı arabalar, raf okuyucuları, RFID & IoT sensörleri bir arada kullanılarak insan müdahalesini azaltan mağaza modelleri
- IoT + yapay zeka + veri analitiği entegrasyonu: RFID verilerinin buluta gönderilip makine öğrenmesi ile analiz edilmesi; müşteri davranışlarının öngörülmesi, ürün yerleşimlerinin optimizasyonu
- Ürün düzeyinde etiketleme artışı: Büyük perakendeciler düşük maliyetli etiketleme çözümleri
- Omnichannel ve mağaza lojistiğinin yeniden tanımı: Fiziksel mağazaların hem satış noktası hem de sipariş hazırlama/lojistik merkezi olarak işlev kazanması
- Sürdürülebilirlik ve enerji yönetimi: IoT sensörleri ile mağaza içi enerji, ortam koşulları, raf doluluk vb. izleme.

2. LİTERATÜR

IoT ve RFID teknolojileri, fiziksel mağazalarda kendilerine çeşitli uygulama alanları bulmaktadır. Bu uygulama alanlarına örnek olarak mağazalarda envanter yönetimi ve ürün satışı verilebilir. IoT ve RFID teknolojileri, envanter doğruluğunun artırılması, müşteri deneyiminin iyileştirilmesi ve operasyonel verimliliğin sağlanması amacıyla kullanılabilir. Bu bağlamda aşağıda literatürde yapılan bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Mannapur vd. (2023), yaptıkları çalışmada RFID teknolojisinden yararlanarak IoT tabanlı bir alışveriş sepeti sistemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Sistem, müşterilerin alışveriş sürecini otomatikleştirmeyi ve böylelikle müşterilere daha verimli ve kişiselleştirilmiş bir deneyim sunmayı hedeflemektedir. RFID ve IoT teknolojileri ile müşterilerin sepetlerindeki ürünler gerçek zamanlı olarak izlenmekte, otomatik ödeme ve envanter yönetimi süreçleri gerçekleştirilmektedir. Sistemin uygulanabilirliği veri güvenliği ve maliyet açısından zorluklar içerse de potansiyel olarak

sistemin mağaza verimliliğini artırabileceği, müşterilerin alışveriş deneyimini iyileştirebileceği ve envanter kayıplarının azaltılabileceği görülmüştür.

Killamsetty (2020) tarafından yapılan çalışmada da fiziksel mağazalarda akıllı alışveriş sistemleri oluşturmada RFID ve IoT teknolojilerinin uygulanabilirliği gösterilmiştir. Bu teknolojilerin, mağazadaki iş süreçlerini nasıl iyileştirebileceğini detaylandırmıştır. Müşterilerin fiziksel mağazadaki alışverişleri sırasında kasalarda bekleme süresinin azaltılmasında RFID'den nasıl yararlanılabileceği tartışılmıştır. Bunun dışında RFID ve IoT teknolojileriyle birlikte oluşturulacak akıllı raflar sayesinde, raflardaki stok durumunun anlık ve otomatik bir şekilde takip edilebileceği ve gerekli yerlere bildirim gönderilmesiyle rafların manuel olarak taranma ihtiyacını ortadan kaldıracılabileceği belirtilmiştir.

Škiljo vd. (2020), yaptıkları çalışmada perakende mağazalarda RFID teknolojisinin nasıl performans gösterdiğini değerlendirmişlerdir. Çalışmaya göre RFID etiketlerinin performansının, etiketlerin yerleştirildiği ürünlerin yapısından ve mağazadaki diğer koşullardan etkilendiği görülmüştür. Škiljo ve arkadaşları, farklı malzemelerden yapılmış ürünlerin (su, metal, plastik vb.) ve mağazadaki yerleşim düzeninin RFID etiketlerinin sinyal yayılımını nasıl değiştirdiğini anlamaya çalışmışlar ve RFID ve IoT tabanlı sistemlerinin performansını iyileştirmeyi amaçlamışlardır.

Satapathy vd. (2015) yaptıkları çalışmada perakende mağazalardaki raflarda ürünlerin bulunmaması sorununun çözümü için bir sistem geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistemde, raflarda müşterilere sunulan ürünlerin mevcudiyetini artırmak için görüntü işleme algoritmalarını kullanmışlardır. Çalışma kapsamında kamera ile kurulan düzenekte, rafların fotoğrafları çekilmekte ve görüntü işlemeyle bu fotoğraflar analiz edilmektedir. Tasarlanan sistem, analiz sonucunda, raflardaki ürünlerin doğru yerde ve doğru zamanda bulunduğundan, yani rafların doluluğundan emin olunması ve stokların yenilenmesi için çalışanlara bildirim göndermektedir. Rafların yük sensörleriyle kontrol edilmesi yeterli ve doğru sonuçlar vermediği için, geliştirilen bu yeni sistem daha etkili ve düşük maliyetli bir çözüm olarak ortaya atılmıştır. Bu yeni çözüm, raflardaki ürünlerin doğru yerleştirilmesini sağlamayı, stokların mevcudiyetini artırmayı ve rafların manuel olarak taranma ihtiyacını azaltmayı hedeflemektedir.

Pietrini vd. (2024) çalışmalarında perakende mağazalarda raf izleme sürecini otomatikleştirmek amacıyla derin öğrenme tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Geliştirilen "Shelf Management" sistemi, kamera aracılığıyla alınan raf görüntülerini analiz ederek ürün tespiti, ürün tanıma ve planogram uyumu kontrolü sağlamaktadır. Sistem, raf düzeni optimizasyonu, müşteri alışveriş deneyiminin iyileştirilmesi ve kar marjlarının artırılması amacıyla tasarlanmıştır.

Al-Kassab vd. (2013) çalışmalarında perakende mağaza ortamında eşya-seviyesi (item-level) RFID sisteminin sadece altyapı teknolojisi olarak değil; büyük hacimli veri üretimi ve bu verinin iş süreçleri açısından anlamlandırılması çerçevesinde nasıl bir değere dönüşebileceğini araştırmaktadır. RFID altyapısı sayesinde mağaza içi süreçler ve müşteri davranışları hakkında daha önce erişilemeyen detaylı veri elde edilmiştir; bu veri, mağaza düzeni, kategori yönetimi, ürün yerleştirme ve satış biçimleri için yeni performans göstergeleri (KPIs) oluşturma imkânı sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda, RFID temelli analizlerin ölçeklenebilirliği, farklı mağaza tiplerine uygulanabilirliği ve büyük veri analitiği ile entegrasyonu üzerine odaklanılması önerilmektedir.

Alfian vd. (2023) çalışmalarında perakende mağazalarında müşterilerin alışveriş davranışlarını analiz etmek için RFID teknolojisi ve makine öğrenimi modellerinin kullanımını incelemektedir. Amaç, müşteri hareketlerini ve satın alma eğilimlerini daha doğru bir şekilde anlamak ve perakendecilerin stratejik kararlarını destekleyecek veri odaklı içgörüler sağlamaktır. Analizler, perakendecilerin mağaza düzenini optimize etmesine, ürün yerleşimlerini iyileştirmesine ve kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileri geliştirmesine yardımcı olabilecek içgörüler sağlamıştır.

Karaer (2019) çalışmasında perakende giyim ürünleri (moda perakende) satan bir mağazada, RFID teknolojisi ile sağlanan envanter görünürlüğünün etkilerini incelemektedir. Mağaza envanter kayıtları ile gerçek stok arasında oluşan tutarsızlıkları azaltarak “gerçek stok durumu” ile sistemdeki kayıtları daha tutarlı hale getirmeye çalışılmıştır. Çalışmada RFID ile artırılan envanter görünürlüğü, doğrudan satış artışı yaratmasa da, stok kayıtlarının doğruluğunun artması aracılığıyla ürün gelirinde artışa neden olabileceği belirtilmiştir.

Tosun ve Zaim (2018), çalışmasında depo yönetim sistemlerinde konum belirlemede kullanılabilecek RFID sistemlerinin yöntemlerini ve teknolojilerini genel bir bakışla incelemektedir. Çalışma kapsamında özellikle iç mekânlarda geleneksel sınırlamaları olan konumlandırma sistemlerine alternatif olarak RFID tabanlı çözümler ele alınmıştır. RFID sistemlerinin depo yönetiminde konum belirleme için potansiyel taşıdığı, özellikle iç mekânlarda geleneksel sistemlerin (örneğin GPS) sınırlı kaldığı durumlarda avantaj sunabileceği belirtilmiştir.

IoT Türkiye (2021) çalışmasında perakende sektöründe ‘Perakende 4.0’ kavramını ve bu teknolojilerin; satın alma, envanter yönetimi, müşteri hizmetleri, tedarik zinciri gibi süreçlerde otomasyon ve bağlantılılık düzeyini incelemiştir. Teknoloji odaklı dönüşümün perakende sektörünün iş modellerini ve çalışma kültürünü değiştirdiği ve perakende süreçleri daha otomatik, daha veri odaklı ve daha bağlantılı hâle getirdiği belirtilmiştir.

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışma, bilgi sistemleri alanında yaygın olarak kullanılan Tasarım Bilimi Araştırması (Design Science Research - DSR) yaklaşımına dayanmaktadır. DSR, davranışsal araştırmalardan farklı olarak, belirli bir problemi çözmek amacıyla yeni ve yenilikçi bir artifact (model, sistem, çerçeve vb.) tasarlamayı ve değerlendirmeyi esas alan bir araştırma paradigmasıdır (Hevner vd., 2004). Bu yaklaşım, özellikle mevcut bir soruna pratik bir çözüm önerisi geliştirmeyi hedefleyen çalışmalar için uygun bir metodolojik çerçeve sunmaktadır.

Çalışmada DSR yaklaşımının tercih edilmesinin temel nedeni, araştırmanın amacının mevcut bir durumu ölçmek veya test etmek değil, perakende mağazalarda tedarik zincirinin nihai müşteriye ulaşma aşamasındaki veri eksikliğine yönelik özgün bir çözüm modeli tasarlamak olmasıdır. Bu doğrultuda, Peffers vd. (2007) tarafından önerilen DSR metodolojisi temel alınmış ve çalışma aşağıdaki altı aşamaya uygun olarak yapılandırılmıştır:

1. Problem Tanımlama ve Motivasyon: Ürünlerin perakende mağazalara tesliminden sonra nihai müşteriye ulaşma sürecine ilişkin veri eksikliği tespit edilmiştir.
2. Çözüm Hedeflerinin Belirlenmesi: IoT teknolojileri aracılığıyla mağaza içi müşteri davranışlarına ilişkin gerçek zamanlı veri akışının sağlanması hedeflenmiştir.

3. Tasarım ve Geliştirme: Dört birimden oluşan IoT tabanlı bir model tasarlanmıştır; kamera ve RFID tabanlı bir IoT cihazından oluşan cihaz birimi, REST API birimi, ERP entegrasyonlu veritabanı birimi ve karar destek sistemi birimi.
4. Gösterim: Modelin işleyişi şematik olarak sunulmuş ve her bir birimin teknik yapısı açıklanmıştır.
5. Değerlendirme: Modelin potansiyel faydaları, uygulanabilirlik stratejileri ve karşılaşılabilecek zorluklar tartışılmıştır.
6. İletişim: Elde edilen bulgular bu çalışma aracılığıyla akademik literatüre sunulmaktadır.

DSR yaklaşımı, geleneksel hipotez testi veya değişken analizi gerektirmeyen, bunun yerine tasarlanan eser'in kendisini araştırma çıktısı olarak kabul eden bir paradigmadır (Hevner vd., 2004). Bu nedenle çalışmada hipotez, bağımlı/bağımsız değişken veya istatistiksel formül tanımlanmamış; bunun yerine aşağıdaki araştırma soruları belirlenmiştir:

AS1: Nesnelerin İnterneti teknolojileri, perakende mağazalarda tedarik zincirinin nihai müşteriye ulaşma aşamasına nasıl entegre edilebilir?

AS2: Önerilen IoT tabanlı model, mağaza içi müşteri davranışlarına ilişkin gerçek zamanlı veri akışını nasıl sağlayabilir?

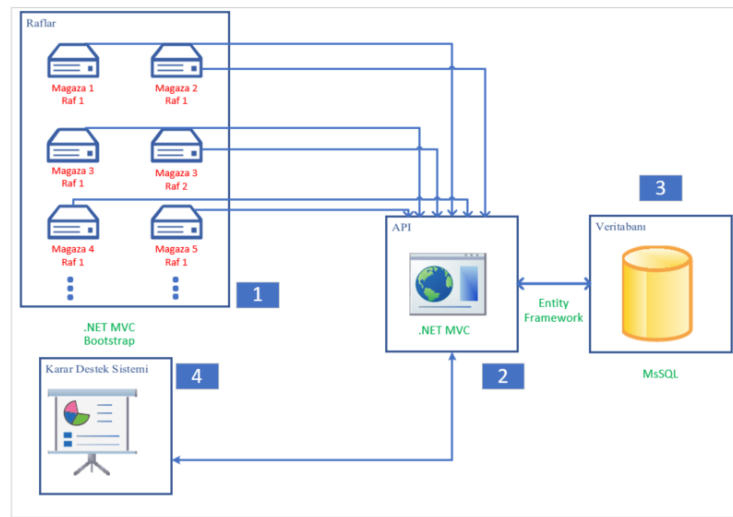
AS3: Önerilen modelin uygulanabilirliğini etkileyen temel zorluklar ve sınırlılıklar nelerdir?

4. MODEL ÖNERİSİ

Çalışmanın bu bölümünde perakende mağazalarda ürün tedarik yönetiminde nihai müşterinin davranışlarına göre yeni stratejiler belirlemek için veri akışını sağlamaya yönelik bir model geliştirilmiştir. İşletmeler müşterilerinin alım davranışlarını kolaylıkla kendi satış verileriyle elde edilmektedir. Ancak tedarik zincirinin son halkası olan nihai müşteriye ürünün ulaşmasına dair veri elde etmek oldukça zordur. Özellikle mağazası içinden anlık olarak sağlamak teknolojinin yardımı olmadan mümkün değildir. Bu çalışmada IoT sistemleri kullanılarak nihai müşteri davranışlarını anlık olarak elde edecek ve analiz edecek bir model önerisi sunulmaktadır.

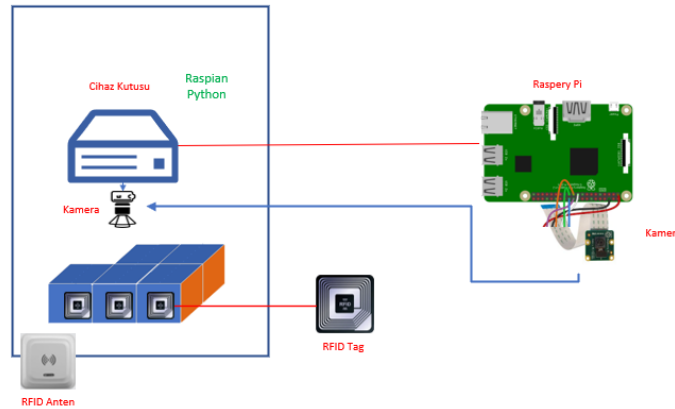
4.1. Modelin Tasarımı

Tasarlanan model dört birimden oluşmakta olup önerilen modelin sistem mimarisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu cihaz n sayıda mağaza ve rafa yerleştirilebilir ve veri akışı her mağaza ve raf üzerinde tanımlanan bir kod ile merkeze gönderilebilir. Cihaz, rafın tüm ürünlerini görebileceği bir noktaya konumlandırılmalıdır.



Şekil 1. Önerilen Modelin Sistem Mimarisi

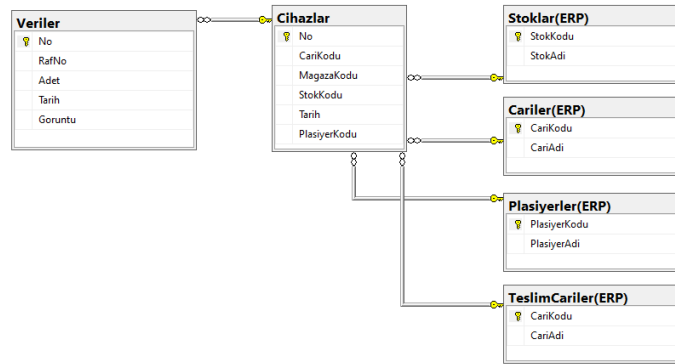
Önerilen modelin birinci biriminde yer alan IoT cihazı, Raspberry Pi mini bilgisayar üzerinde Raspbian işletim sistemi ile çalışmakta olup, veri toplama işlemi kamera ve RFID olmak üzere iki farklı sensör aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Kamera modülü, Python programlama dili kullanılarak belirli periyotlarla raf görüntülerini almakta ve bu görüntüler cihaz üzerinde işlenerek raftaki ürün adedi tespit edilmektedir. RFID okuyucu ise her bir ürün üzerinde bulunan RFID etiketlerini okuyarak, hangi zaman aralığında kaç adet ürünün rafta bulunduğunu ve kaç adet ürünün raftan alındığını kayıt altına almaktadır. Bu iki veri toplama yöntemi birbirini destekleyerek daha güvenilir ve kapsamlı bir veri seti oluşturulmasını sağlamaktadır. IoT cihazının donanım yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir. Ham görüntü verileri merkeze gönderilmemekte, cihaz üzerinde işlendikten sonra yalnızca elde edilen bulgular (ürün adedi, zaman damgası, raf kodu vb.) iletilmektedir.



Şekil 2. IoT Cihazının Donanım Yapısı

İkinci birimde, cihazlardan gelen veriler .NET MVC teknolojisi ile geliştirilen bir REST API aracılığıyla alınmaktadır. Cihazlar başlangıç aşamasında 15 dakikalık periyotlarla veri göndermekte olup, sistemin olgunlaşmasıyla birlikte bu sürenin kademeli olarak düşürülmesi planlanmaktadır. Veriler, günümüzde yaygın olarak kullanılan güçlü şifreleme yöntemleri ile şifrelenerek API'ye iletilmekte ve bu sayede veri güvenliği sağlanmaktadır.

Üçüncü birimde veriler, Entity Framework aracılığıyla MsSQL veritabanına kaydedilmektedir. Veritabanı tablo yapısı Şekil 3'te gösterilmektedir. Veritabanı, mevcut ERP yazılımı ile entegre çalışacak şekilde tasarlanmış olup, ERP tablolarına (Stoklar, Cariler, Plasiyerler, Teslim Cariler) yalnızca okuma yetkisi ile erişim sağlayan bir yapı kurulması planlanmaktadır. Dördüncü birimde ise satış ve üretim departmanlarının kullanımına yönelik bir karar destek sistemi (KDS) tasarlanmıştır. KDS, .NET MVC ve Bootstrap teknolojileri ile geliştirilmiş bir web tabanlı gösterge paneli (dashboard) olarak planlanmakta olup, ilgili birimlere yetkileri doğrultusunda analiz ve raporlama imkanı sunacaktır.



Şekil 3. Veritabanı Tablo Yapısı

Önerilen modelin işleyişini somutlaştırmak amacıyla bir perakende zincir mağaza senaryosu ele alınabilir. Bir gıda üreticisinin, ürünlerini sattığı 5 farklı şehirdeki 20 zincir mağazada birer raf üzerinde bu sistemi kurduğu varsayılın. Her rafta konumlandırılan IoT cihazı, 15 dakikalık periyotlarla raf görüntüsünü alarak ürün adedini tespit etmekte ve RFID okuyucu aracılığıyla ürün hareketlerini kayıt altına almaktadır. Bir mağazanın sabah 09:00'da 30 adet ürünle açıldığı, öğle saatlerinde ürün adedinin 12'ye düştüğü ve saat 15:00'te rafın tamamen boşaldığı bilgisi, sistem tarafından otomatik olarak kaydedilmektedir. Bu veriler, 20 mağazadan eşzamanlı olarak merkeze iletilindiğinde, üretici firma hangi mağazanın hangi saatlerde yoğun satış yaptığını, hangi mağazalarda ürünlerin rafta kaldığını ve hangi günlerde talep artışı yaşandığını analiz edebilecektir. Böylece üretim planlaması, lojistik rota optimizasyonu ve mağaza bazlı promosyon stratejileri veriye dayalı olarak şekillendirilebilecektir. Bu senaryonun gerçek verilerle desteklenmesi ve modelin pilot uygulamayla test edilmesi gelecek çalışmalar kapsamında planlanmaktadır.

4.2. Araştırmanın Sınırlılıkları

Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerinin perakende mağazalarda kullanılması, müşteri deneyimini geliştirmek ve satıcı, tedarikçi ve çalışanlar açısından verimliliği artırmak için önemli bir potansiyel olmasına karşılık, bu teknolojiler uygulanırken çeşitli sınırlamalar ve zorluklar ortaya çıkabilir. Bu bağlamda literatürün ve önerilen modele yönelik çalışma sırasında edinilen bilgilere göre dikkat edilmesi gereken konular sıralanabilir (Kaushik ve Dahiya, 2018; Tran ve Bui, 2023; Hagberg vd., 2017; Balaji vd., 2017):

IoT teknolojileri, veri edinme ve dağıtma süreçlerinde kullanmış oldukları teknolojiler sebebiyle gizlilik ve güvenlik açısından riskler taşımaktadır. Perakende mağazalarda kullanılan IoT cihazlarının topladığı veriler, siber saldırılara karşı

savunmasız olabilir. Bu durum en basitinden müşteri gizliliğini tehlikeye atmakla birlikte, mağazalar için olumsuz yasal durumların oluşmasına ve itibar kayıplarına yol açabilir. Bu çalışmada söz konusu risklere karşı uç bilişim (edge computing) tabanlı bir yaklaşım benimsenmiş olup, ilgili güvenlik önlemleri Modelin Tasarımı bölümünde açıklanmıştır.

IoT teknolojilerinin planlanması, kurulması ve bakımı maliyetli olabilir. Bu çalışmada her bir raf için bir Raspberry Pi mini bilgisayar, bir kamera modülü, bir RFID okuyucu ve anten ile iletişim için bir SIM kart modülü gerekmektedir. Mini bilgisayar sürekli enerji alacak şekilde tasarlanmalıdır; bu nedenle elektrik sağlanacak bir noktada konumlandırılması kısıtlardan biridir. Cihazların bakımı için şirketin bilgi teknolojileri bünyesinde küçük bir birim kurarak süreçleri takip etmesi gerekmektedir. Modelin uygulanabilirliği açısından, sistemin aşamalı olarak devreye alınması önerilmektedir. İlk aşamada sınırlı sayıda mağaza ve rafta pilot uygulama gerçekleştirilerek sistemin performansı ve veri kalitesi değerlendirilebilir; başarılı sonuçların ardından kademeli olarak ölçeklendirme yapılabilir. Başlangıç maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, elde edilecek nihai müşteri davranış verisinin üretim planlaması, lojistik optimizasyonu ve satış stratejilerinin iyileştirilmesi gibi alanlarda sağlayacağı katma değer, bu yatırımı uzun vadede anlamlı kılmaktadır.

IoT teknolojilerinin mağazadaki iş süreçlerine entegrasyonu karmaşık olabilir. Mağaza yönetimi, çalışanlar veya tedarikçiler mevcut operasyonlarını yeniden yapılandırmak zorunda kalabilir. Bunun dışında, bu teknolojilerin kullanılması ve benimsenmesi hem çalışan hem müşteri açısından zor olabilir. Önerilen modelin mevcut ERP yazılımı ile entegre çalışacak biçimde tasarlanmış olması, bu entegrasyon karmaşıklığını azaltıcı bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma açısından mağaza içinde verilerin anlık olarak toplanması ve kamera kullanılacak olması nedeniyle cihazın konulacağı firma ile kişisel verilerin korunması kanunu çerçevesinde hukuki bir anlaşma yapılmalıdır. Bu konuda profesyoneller tarafından hazırlanan bir sözleşme ile konu net olarak açıklanmalı ve karşılıklı teyit edilmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmeler açısından günümüzde verinin önemi her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Veriye hakim olmayan, veri-bilgi dönüşümünü doğru ve etkin yapamayan işletmeler, doğru analizler yapamazlar ve kendilerini geliştiremezler. Artan rekabet koşulları da göz önüne alındığında her geçen gün piyasada tutunmaları zorlaşacaktır. Artan teknolojik gelişmeler ile birlikte işletmeler birçok veriyi elde etmeyi ve depolamaya başlamışlardır. İşletmelerin tuttuğu bu veriler çoğunlukla üretim, satış, pazarlama, depo yönetimi gibi kendilerine ait kurumsal kaynak yazılımlarından veya fonksiyonel bilgi sistemlerinden elde ettikleri verilerdir. İşletmeler için müşteri ve rakip firma verileri çok önemlidir. Bu verileri elde etmek zor ve maliyetlidir. Bu çalışmada perakende sektörüne satış yapan bir firmanın nihai müşterilerin hareketlerini analiz etmek için geliştirilen IoT destekli bir sistem önerisine yer verilmektedir. Geliştirilen sistem mağaza içine raf içerisinde yerleştirilecek bir cihaz ile anlık veriler analiz edilecek ve kaydedilecektir. Elde edilen bilgiler ile müşteri hareketlerine yönelik çalışmalar yapılacaktır. Geliştirilen IoT cihazı, mağazadaki raf görüntülerini ve RFID verilerini gerçek zamanlı olarak işleyerek elde ettiği bulguları merkezi sisteme aktarmaktadır.

Çalışmanın başında tanımlanan araştırma sorularına ilişkin olarak; AS1 kapsamında IoT teknolojilerinin tedarik zincirinin son aşamasına dört birimden oluşan bir mimari ile entegre edilebileceği, AS2 kapsamında kamera ve RFID destekli cihazın 15 dakikalık periyotlarla raf görüntülerini ve ürün hareketlerini işleyerek gerçek zamanlı veri akışını sağlayabileceği, AS3 kapsamında ise modelin uygulanabilirliğini etkileyen başlıca zorluklar (gizlilik, başlangıç maliyetleri, süreç entegrasyonu, KVKK gereklilikleri) ile bunlara yönelik tasarım çözümlerinin (uç bilişim, aşamalı dağıtım, ERP entegrasyonu) ortaya konduğu söylenebilir.

Literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu çalışmanın birkaç temel noktada farklılaştığı görülmektedir. Satapathy vd. (2015) perakende mağazalarda kamera ve görüntü işleme teknikleriyle raf boşluklarını tespit eden bir sistem geliştirmiştir; ancak söz konusu çalışma yalnızca raf doluluk kontrolüne odaklanmakta ve elde edilen verileri tedarik zinciri kararlarına entegre etmemektedir. Pietrini vd. (2024) tarafından geliştirilen sistem ise kamera tabanlı görüntü işleme yaklaşımı açısından bu çalışmayla teknolojik benzerlik taşımakla birlikte, perakendecinin planogram uyumu ve raf düzeni optimizasyonuna odaklanmaktadır. Bu çalışmada ise görüntü işleme yalnızca raf durumu tespiti veya planogram kontrolü ile sınırlı kalmayıp, nihai müşteri davranışlarının analiz edilmesi ve bu verilerin bir karar destek sistemi aracılığıyla tedarik sürecine aktarılması hedeflenmektedir. Al-Kassab vd. (2013) ve Alfian vd. (2023) çalışmalarında müşteri davranışlarının analizi için RFID tabanlı sistemler kullanılmıştır. Bu sistemler ürün düzeyinde etiketleme gerektirmekte ve yüksek altyapı maliyeti oluşturmaktadır. Önerilen model ise RFID ve kamera tabanlı görüntü işleme teknolojilerini birlikte kullanarak, hem ürün düzeyinde anlık stok takibi hem de raf görüntülerinin analizi yoluyla daha kapsamlı bir veri toplama yaklaşımı sunmaktadır. Mannapur vd. (2023) tarafından geliştirilen IoT tabanlı akıllı alışveriş sepeti sistemi ise müşteri deneyimini iyileştirmeye yönelik olup perakendeci perspektifinden tasarlanmıştır. Buna karşın, bu çalışma üretici/tedarikçi perspektifinden hareketle, nihai müşteriye ulaşma aşamasındaki veri boşluğunu doldurmayı amaçlamaktadır. Son olarak, önerilen modelin ham verileri merkeze göndermeyip uç cihazda işlemesi, veri gizliliği açısından da literatürdeki birçok IoT tabanlı perakende çözümünden farklı bir yaklaşım sunmaktadır (Kaushik ve Dahiya, 2018).

Çalışmanın işletme açısından son derece değerli ve ulaşılması başka bir yöntemle mümkün olmayan bir veri olan nihai müşteri hareketlerini elde etmesi düşünülmektedir. Üretici firmanın hayati derecede önemli sorusu olan ‘hangi mağaza, hangi saatte kaç satış yapmaktadır?’ gibi soruların cevabı yapılacak birçok çalışmaya ve aynı zamanda üretime destek olması beklenmektedir. Bu bilgi ile uzun vadeli tedarik sürecine katkı sağlanması, lojistik açısından yolların yeniden planlanması, mağaza içi promosyonların, tanıtımların planlanması için son derece önemli çalışmalar yapılabilir. Ayrıca bir ürünün raftan alınması, başka bir ürünle karşılaştırılması veya tercih nedeni olmaması gibi detay bilgileri de elde edilerek diğer ürünlerin yöneticilerini de kendilerine göre planlama yoluna itecektir.

Geliştirilen modelin belli zorlukları bulunmaktadır. Cihazın kurulum ve başlangıç maliyetleri yüksektir. Ancak uzun vadede bu maliyetler kazanılan verilerin değerli olması nedeniyle göz ardı edilebilecek seviyedir. Diğer bir zorluk, IoT cihazların güvenlik açısından yaratabileceği risklerdir. Bu riskleri minimum seviyeye düşürecek bir altyapı dizayn edilmiştir.

Gelecek çalışmalarda elde edilen anlık görüntülere özel yeni analizlerin yapılabilmesi mümkün olabilecektir. Örneğin, nihai müşterinin elinden yaşının tahmini ve bu bağlamda analizler yapılabilir. Şu an sadece miktar üzerinden yapılan analizlere yapay zekâ destekli (günlük – haftalık talep analizi gibi) veya eklenecek yeni sensörler (örneğin; ağırlık) yardımıyla farklı analizlerin sisteme eklenmesi mümkün olabilecektir.

Önerilen model, başka yöntemlerle elde edilmesi son derece zor ve maliyetli olan nihai müşteri davranış verisini sağlamaya yönelik pratik ve ölçeklenebilir bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yönüyle çalışmanın hem perakende sektörüne hem de bilgi sistemleri literatürüne özgün bir katkı sağlayacağı, nihai müşteriye ulaşma aşamasındaki veri boşluğunun doldurulması bakımından gelecek çalışmalara da öncülük edeceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Alfian, G., Octava, M. Q. H., Hilmy, F. M., Nurhaliza, R. A., Saputra, Y. M., Putri, D. G. P., Syahrian, F., Fitriyani, N. L., Atmaji, F. T. D., Farooq, U., Nguyen, D. T., & Syafrudin, M. (2023). Customer shopping behavior analysis using RFID and machine learning models. *Information*, 14 (10), 551. <https://doi.org/10.3390/info14100551>
- Al-Kassab, J., Thiesse, F., & Buckel, T. (2013). RFID-enabled business process intelligence in retail stores: A case report. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 8(2), 112–137. <https://doi.org/10.4067/S0718-18762013000200010>
- Azrou, M., Mabrouki, J., Guezaz, A., & Farhaoui, Y. (2021). New enhanced authentication protocol for Internet of things. *Big Data Mining and Analytics*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.26599/BDMA.2020.9020010>
- Balaji, M. S., Kumar Roy, S., Sengupta, A., & Chong, A. (2017). User acceptance of IoT applications in retail industry. In I. Lee (Ed.), *The Internet of Things in the Modern Business Environment* (pp. 28-49). Hershey: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2104-4.ch002>
- Bıçakçı, S. N. (2019). Nesnelerin interneti. *Takvim-i Vekayi*, 7(1), 24-36. <https://izlik.org/JA23LX92WS>
- Camacho-Cogollo, J., Bonet, I., & Iadanza, E. (2020). RFID technology in health care. In: *Clinical Engineering Handbook*, Academic Press, Cambridge, 33-41. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813467-2.00004-3>
- Daşdemir, S., & Daşdemir, E. (2019). Nesnelerin interneti ve RFID teknolojisi ile yeni nesil tedarik zinciri ve stok denetimi. *Vergi Raporu*, sayı: 236, 233-253.
- Doing Business in Bentonville. (2025, September 17). *RFID in retail: Challenges, costs, and what brands must consider before adoption*. Doing Business in Bentonville. <https://www.dbbnwa.com/articles/rfid-retail-challenges-costs-implementation-risks/>
- Erdal, E., & Ergüzen, A. (2020). Nesnelerin interneti (IoT). *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(3), 24-34. <https://doi.org/10.29137/umagd.827676>
- European Research Cluster on the Internet of Things (IERC). (2024, 7 August). Internet of Things - definition. <https://www.internet-of-things-research.eu/>
- Fescioglu-Ünver, N., Choi, S., Sheen, D., & Kumara, S. (2015). RFID in production and service systems: Technology, applications and issues. *Information Systems Frontiers*, 17, 1369-1380. <https://doi.org/10.1007/s10796-014-9518-1>
- Fortune Business Insights. (2026). IoT in retail market size, share & industry analysis, forecast 2026–2034 (Report ID: FBI109269). <https://www.fortunebusinessinsights.com/iot-in-retail-market-109269>
- Fosso Wamba S. (2012). RFID-enabled healthcare applications, issues and benefits: an archival analysis (1997-2011). *Journal of medical systems*, 36(6), 3393–3398. <https://doi.org/10.1007/s10916-011-9807-x>
- Gartner. (2024, 7 August). Internet of Things (IoT). In Gartner IT glossary. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>
- Hagberg, J., Jonsson, A., & Egels-Zandén, N. (2017). Retail digitalization: Implications for physical stores. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 39, 264-269. <https://doi.org/10.1016/J.JRETCONSER.2017.08.005>

- Hevner, A., March, S., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28, 75-105. <https://doi.org/10.2307/25148625>
- International Telecommunication Union. (2012). Overview of the Internet of Things. <https://handle.itu.int/11.1002/1000/11559>
- IoT Türkiye (2021). Modern teknolojilerin perakende sektörüne etkileri, Internet of Things Türkiye, [Çevrimiçi]. Erişim: <https://ioturkiye.com/2021/06/modern-teknolojilerin-perakendesektorune-etkileri/>
- Juels, A. (2006). RFID security and privacy: a research survey. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 24, 381-394. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2005.861395>
- Karaer, Ö. (2019). Managing a retail fashion product with rfid-enabled inventory visibility. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 796-809. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.598174>
- Kaushik, K., & Dahiya, S. (2018). Security and privacy in IoT based e-business and retail. *2018 International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)*, 78-81. <https://doi.org/10.1109/SYSMART.2018.8746961>
- Killamsetty, S. (2020). IoT application on smart shopping system. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.30436>
- Kumari, L., Narsaiah, K., Grewal, M., & Anurag, R. (2015). Application of RFID in agri-food sector. *Trends in Food Science and Technology*, 43, 144-161. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2015.02.005>
- Liukkonen, M. (2015). RFID technology in manufacturing and supply chain. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28, 861 - 880. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2014.941406>
- Madakam, S. , Ramaswamy, R. and Tripathi, S. (2015) Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3, 164-173. <https://doi.org/10.4236/JCC.2015.35021>
- Mannapur, T., Palange, P., Bhavsar, A., & Mali, S. (2023). RFID technology in retail: A study on IoT-based shopping cart system. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 3(2), 265-272. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-9748>
- Martel, A., & Klibi, W. (2016). Supply chains: Issues and opportunities. In: *Designing Value-Creating Supply Chain Networks*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28146-9_1
- Musa, A., & Dabo, A. (2016). A review of RFID in supply chain management: 2000–2015. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 17, 189-228. <https://doi.org/10.1007/S40171-016-0136-2>
- Nakahara, T., & Yada, K. (2012). Analyzing consumers' shopping behavior using RFID data and pattern mining. *Advances in Data Analysis and Classification*, 6, 355–365. <https://doi.org/10.1007/s11634-012-0117-z>
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Pietrini, R., Paolanti, M., Mancini, A., Frontoni, E., & Zingaretti, P. (2024). Shelf management: A deep learning-based system for shelf visual monitoring. *Expert Systems with Applications*, 255(B), 124635. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124635>
- Radhakrishna, V., Sachitha Sharma, V., Naga charishma, M., & Sreeja, G. (2023). IoT based smart shopping cart using RFID. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 11(6). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.54191>
- Rishan Solutions. (2025). *IoT in retail inventory management: A comprehensive guide*. RishanDigital. <https://rishandigital.com/iot/iot-in-retail-inventory-management/>
- Ross, D.F. (2015). Managing supply chain inventories. In: *Distribution Planning and Control*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7578-2_7
- Rukundo, S., Wang, D., Wongnonthawitthaya, F., Sidibé, Y., Kim, M., Su, E., & Zhang, J. (2025). A survey of challenges and sensing technologies in autonomous retail systems. *arXiv preprint arXiv:2503.07997*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.07997>
- Satapathy, R., Prahlad, S., & Kaulgud, V. (2015). Smart shelfie -- Internet of shelves: For higher on-shelf availability. 2015 IEEE Region 10 Symposium, 70-73. <https://doi.org/10.1109/TENSYP.2015.9>

- Singh, N., Dhawan, S., & Gupta, R. (2016). RFID technology and libraries: A bibliometric assessment of global literature during 2002-14. *SRELS Journal of Information Management*. <https://doi.org/10.17821/SRELS/2016/V53I2/91266>
- Škiljo, M., Šolić, P., Blažević, Z., & Perković, T. (2020). Analysis of passive RFID applicability in a retail store: What can we expect?. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20. <https://doi.org/10.3390/s20072038>
- Supercom Group. (2024). *Overcoming challenges in RFID retail implementation: A guide to effective planning & integration*. Supercomgroup.com. <https://www.supercomgroup.com/overcoming-challenges-rfid-retail-implementation/>
- Tosun, H. C., & Zaim, A. H. (2018). RFID sistemleri ile depo yönetim sistemlerinde konum belirlemede kullanılacak yöntem ve teknolojilere genel bakış. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(33), 27–39. <https://izlik.org/JA36DJ67ZK>
- Tran, D., & Bui, V. (2023). Factors that influence the intention to use IoT services in retail stores among Vietnamese students. *International Journal of Research and Review*, 10(12), 91-103. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20231212>
- Valero, E., Adán, A., & Cerrada, C. (2015). Evolution of RFID applications in construction: A literature review. *Sensors*, 15(7), 15988–16008. <https://doi.org/10.3390/s150715988>
- Villamil, S., Hernández, C., & Tarazona, G. (2020). An overview of internet of things. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(5), 2320-2327. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.15911>
- VTI. (2025, July 24). *IoT in retail: The global shift toward smarter stores*. VTI. <https://vti.com.vn/iot-in-retail-the-global-shift-toward-smarter-stores>
- Welbourne, E., Battle, L., Cole, G., Gould, K., Rector, K., Raymer, S., Balazinska, M., & Borriello, G. (2009). Building the internet of things using RFID: The RFID ecosystem experience. *IEEE Internet Computing*, 13(3): 48-55. <https://doi.org/10.1109/MIC.2009.52>

EXTENDED SUMMARY

Intensifying competition within the retail sector and evolving customer expectations are compelling chain stores to develop effective supply management strategies. Yet, a notable data gap remains regarding the journey of products from delivery to the retail store through to the final encounter with the customer—questions such as during which hours a product sells most intensely, or how customers behave in front of the shelf, remain largely unanswered. In practice, obtaining such information through on-site observations is both costly and far from scalable. Internet of Things (IoT) technologies emerge as a pivotal solution to fill this gap at the final stage of the supply chain. According to Fortune Business Insights (2026), the global IoT in retail market reached USD 70.07 billion in 2025 and is projected to grow from USD 86.43 billion in 2026 to USD 482.84 billion by 2034 at a compound annual growth rate of 23.99%—figures that underscore both the transformative impact and the investment potential of IoT in the sector.

This study develops a model proposal demonstrating how IoT technologies can be integrated into the stage where products reach the end customer in retail chain stores. The potential benefits, implementation strategies, and probable challenges of the model are evaluated together. The study addresses three research questions: (RQ1) How can IoT technologies be integrated into the end-customer connection stage of the supply chain in retail stores? (RQ2) How can the proposed IoT-based model enable a real-time data flow regarding in-store customer behavior? (RQ3) What are the main challenges and limitations affecting the applicability of the model?

The Internet of Things enables physical objects to communicate with one another and with broader systems via the internet, while RFID (Radio frequency identificatin)—one of its fundamental building blocks—allows wireless identification and tracking through radio waves. In retail, IoT and RFID are employed across inventory management,

cashierless payment, customer behavior analysis, layout optimization, and omnichannel logistics, though tag costs, readability issues, infrastructure requirements, scalability concerns, and customer privacy remain principal barriers. Among prior studies, Satapathy et al. (2015) developed an image-processing system for detecting out-of-stock conditions on shelves; Pietrini et al. (2024) proposed a deep-learning-based shelf monitoring system focused on planogram compliance; Al-Kassab et al. (2013) and Alfian et al. (2023) used item-level RFID to analyze customer behavior; and Mannapur et al. (2023) developed an IoT-based smart shopping cart aimed at improving the customer experience. These works largely address either retail operations or the customer experience, leaving the manufacturer's data needs regarding end-customer behavior underexplored.

Methodologically, this study adopts the Design Science Research (DSR) approach widely used in information systems research. DSR is a paradigm focused on designing and evaluating an innovative artifact—such as a model or framework—to solve a specific problem (Hevner et al., 2004). DSR was preferred because the aim is not to test an existing condition but to design an original solution addressing a real-world data gap. Accordingly, the six-phase DSR methodology proposed by Peffers et al. (2007)—problem identification, solution objectives definition, design and development, demonstration, evaluation, and communication—was adopted throughout the study.

The proposed IoT-based data flow model consists of four interconnected units. The first unit comprises hardware devices placed on store shelves, each consisting of a Raspberry Pi mini-computer running Raspbian, a camera module, and an RFID reader with an antenna. The camera module, programmed in Python, captures shelf images at predetermined intervals and processes them locally to determine product counts; the RFID reader simultaneously scans tags attached to individual products, recording how many items are on the shelf and how many have been removed within a given time interval. The second unit is a REST API developed using .NET MVC; devices initially transmit data at 15-minute intervals (a frequency planned to be reduced as the system matures), with all transmissions secured by strong encryption. The third unit is a database implemented in MsSQL via Entity Framework, designed to operate alongside the existing ERP system through a read-only synonym structure that enables real-time access to ERP tables. The fourth unit is a Decision Support System (DSS), realized as a web-based dashboard built with .NET MVC and Bootstrap, intended for use by sales and production departments. A distinguishing feature of the model is that raw image data is never transmitted to a remote server; data is processed instantaneously on the device, and only encrypted findings are forwarded to the central system, which both enhances data security and reduces bandwidth requirements.

To illustrate the model's operation, consider a scenario in which a food manufacturer installs the system on one shelf at each of 20 chain-store branches across 5 cities. Each device captures shelf images and logs product movements via RFID every 15 minutes. When the data are transmitted to the central system, the manufacturer can determine which store sells at which hours, where products tend to remain on the shelves, and on which days demand peaks—enabling data-driven production planning, logistics route optimization, and store-level promotional strategies. Empirical validation of this scenario through a pilot deployment is planned for future work.

The proposed model entails several limitations: privacy and security risks, high initial investment costs, the complexity of integrating IoT devices into existing business processes, and the necessity for legal arrangements under personal data protection legislation. The study addresses these limitations through deliberate design choices: an edge-computing-based approach that processes data on the device and never transmits raw images to a remote server; a phased deployment strategy beginning with a small-scale pilot; and integration with the existing ERP infrastructure to reduce process-level complexity.

This study proposes a practical, scalable IoT-based solution to capture end-customer behavioral data—the most elusive point in the supply chain. The data obtained can guide decision-makers across a broad spectrum, from long-term supply planning and logistics optimization to in-store promotional and product placement strategies. Compared with prior work, the model differentiates itself in three respects: it integrates camera-based image processing and RFID within a single edge device; it adopts the manufacturer's perspective rather than that of the retailer or the customer; and it addresses privacy concerns through on-device processing. Future studies envision expanding the model's analytical depth through AI-powered demand analysis, advanced image-processing applications, such as customer age estimation, and supplementary hardware, such as weight sensors. The proposed model thus offers a meaningful contribution to both industry practice and the academic literature by providing a practical method for accessing a data source otherwise difficult and costly to reach.

Yazar Beyanı | Author's Declaration

Finansal Destek | Financial Support: Ali Kaan BARKA, Hakan AŞAN, Çiğdem TARHAN ve Vahap TECİM, bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır. | *Ali Kaan BARKA, Hakan AŞAN, Çiğdem TARHAN and Vahap TECİM who are the authors have not received any financial support for the research, authorship, or publication of this study.*

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

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

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

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