



BİLGİ YÖNETİMİNDE NESNELERİN İNTERNETİ: LİTERATÜR BAĞLAMINDA BİR İNCELEME

INTERNET OF THINGS IN INFORMATION MANAGEMENT: AN OVERVIEW IN THE CONTEXT OF LITERATURE

Dr. Öğr. Üyesi Bahattin YALÇINKAYA
Marmara Üniversitesi
yalcinkaya@marmara.edu.tr

Öğr. Gör. Mehmet Oytun CİBAROĞLU
Bursa Teknik Üniversitesi
oytun.cibaroglu@btu.edu.tr

Öz

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin sürekli gelişmesi, yeni teknolojilerin de artan bir hızda ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu teknolojilerden biri de cihazların birbirleri ile iletişim kurabildiği, veri veya enformasyon üreten Nesnelere İnterneti (Nİ) kavramıdır. Temel olarak fiziksel nesnelere birbirleriyle veya daha büyük sistemlerle bir bağlantı oluşturarak iletişim kurabildiği bir ağ olarak tanımlanabilecek Nİ, yeni nesil teknolojiler ile birlikte veri, enformasyon ve bilgi yönetim süreçlerini derinden etkilemiştir. Bu çalışmada Nİ; tarihçesi, bilgi yönetimi bağlamı, problemleri ve gereklilikleri literatür taraması yapılarak incelenmiş; ülkemizde ve dünyada eğitim, sağlık, ulaşım, lojistik, kütüphane, belge yönetimi gibi alanlarda gerçekleştirilen Nİ çalışmaları hakkında en güncel bilgilerin verilmesine gayret edilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde Nİ uygulamalarında güvenlik ve gizlilik endişeleri başta olmak üzere çeşitli sorunlar olduğu görülmüş, bu sorunların giderilmesi adına yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmanın en önemli hedefi ise çeşitli Nİ uygulama alanlarının tanıtılarak ülkemizde Nİ kavramının bilinirliğini artırmaktır.

Anahtar Kelimeler: Nesnelere İnterneti, Bilgi ve İletişim Teknolojileri, Bilgi Yönetimi

Abstract

The continuous development of information and communication Technologies (ICT) enables the emergence of new technologies at an increasing rate. One of these technologies is the Internet of Things (IoT) concept, in which devices can communicate with each other and produce data or information. IoT, which can be defined basically as a network in which physical objects can communicate with each other or with larger systems, has deeply influenced data, information and knowledge management processes along with new generation technologies. In this study, IoT is examined as history, knowledge management, problems and requirements in the context of literature review and the most up-to-date information has been given about IoT implementations such as education, health, transportation, logistic, library and records management both in our country and the world. As a result, it is seen that there have been various problems about the IoT especially such as security and privacy concerns and related studies have been examined to address these problems. The most important objective of the study is to increase the awareness of the IoT in our country by introducing various IoT application fields.

Keywords: Internet of Things, Information and Communication Technologies, Information Management

Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) hayatın her alanında kullanılmasının etkileri bireysel, toplumsal ve ekonomik alanlarda son yıllarda oldukça sık görülmektedir. Sürekli bir devinim içerisinde olan yeni teknolojilerin, süreçleri daha yeni boyutlara taşıması neticesinde gerek veri üretimi gerekse bu verilerden elde edilen enformasyonun niteliğini değiştirmiş; böylece bilgilerin daha sık bir biçimde stratejik anlamda kullanılmasının önü açılmıştır. Bu bağlamda, bilginin bir güç olarak değerlendirildiği çağımızda, teknolojik yeniliklere mesafeli durmak bir yana, bu teknolojilerin gerekli süreler içerisinde özümsememesi gerek rekabette gerekse organizasyonların varlıklarını koruması konusunda birtakım problemlerle karşılaşılabilir. Bu sebeple BİT'e uyum organizasyonlar için oldukça önemli bir konumda olup karar vericileri yönetim süreçlerinde geliştirmeler yapmaya zorlamaktadır. Bu çok çeşitli teknolojilerden bir tanesi de Nesnelerin İnterneti (Nİ) kavramıdır.

20. yüzyılın sonlarından itibaren bilginin bir "güç" olduğunun anlaşılması ile faydalı bilgiler, stratejik olarak karar vermede kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda çalışmada öncelikle Nİ kavramı hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiş ve Nİ alanında karşılaşılan problemlere değinildikten sonra organizasyonların Nİ teknolojilerine uyum sağlaması için çeşitli gereklilikler açıklanmıştır. Çalışmada Web of Science veri tabanındaki Türkiye adresli yayınlar ile Dergipark ulusal veri tabanındaki yayınlar, "Nesnelerin İnterneti" ve "Eğitim", "Sağlık", "Lojistik", "Kütüphane" ve "Belge Yönetimi" gibi anahtar kelimeler ile eşleştirilerek incelenmiştir.

Nesnelerin İnterneti (Nİ) Tarihçesi

20. yüzyılın henüz başlarında Nikola Tesla, kablosuz ağların mükemmel bir şekilde uygulandığında, tüm dünyanın devasa bir beyne dönüşeceğini, her nesnenin gerçek ve ritmik bir bütünün parçacıkları olacağını ve bunun üzerinden yapılabilecek işlemlerin, 1900'lerde kullanılan telefonlar ile karşılaştırıldığında inanılmaz derecede basit olacağını ve ceplerde bile taşınabileceğini öngörmüştür (Kennedy, 1926).

Nİ, kavram olarak ilk kez 1999'da Kevin Ashton tarafından; radyo frekansı tanımlama (RFID - Radio Frequency Identification) etiketli veya barkodlu ürünler ile tedarik zinciri yönetimi yapan işletmeler için daha fazla verimlilik ve hesap verebilirlik bağlamında açıklanmıştır. Ashton, her şeyden haberdar olan ve her şeyi bilen bilgisayarların, insan müdahalesi olmadan topladıkları verileri kullanarak her şeyi izleyip hesaplamaları sonucunda zaman kaybının ve maliyetlerin büyük ölçüde azalacağını; süreçlerin ne zaman değiştirileceğini ya da tekrarlanması gerektiğini ve yapılan işin güncel olup olmadığının bilinebileceğini belirtmiştir (Ashton, 2009).

Gershenfeld (1999, s. 213) "When Things Start to Think" adlı çalışmasında ise internetin dünya çapındaki evrimini; nesnelerin, interneti kullanmaya başladığı, böylece büyük çoğunlukla insanlara ihtiyaç duyulmayacak bir oluşuma doğru gidilmesiyle açıklamaya çalışmıştır.

Herhangi bir nesnenin bir diğer nesne ile ilk kez haberleşmesi RFID teknolojisi ile gerçekleşmiştir. 2. Dünya Savaşı sırasında İngiliz ordusu, her bir İngiliz savaş uçağına, bir radar istasyonundan sinyal aldığı anda ses yayınlayacak bir radyo vericisi entegre etmiştir. Çok düşük sayılabilecek bir teknoloji içermesine rağmen, İngilizlerin "bir nesneyi"

elektronik olarak tanımlayabilmesi ve dolayısıyla nesnelere arası haberleşmeyi sağlaması, RFID teknolojisini geliştirip ilk kullanan ulus olmalarını sağlamıştır (Alexander, 2017). 2. Dünya Savaşı'ndan sonra artan oranda geliştirilen çeşitli teknolojiler ile çok farklı endüstriyel ürünler ortaya çıkmaya başlamıştır. Örnek olarak ATM'ler, 1974'ün başlarında çevrimiçi olan ilk akıllı nesnelere biri olarak düşünülebilir (Schoder, 2018, s. 3). Nİ, özellikle son 20 yıldır giderek artan bir şekilde kamu hizmetleri, ulaşım, lojistik, akıllı ev uygulamaları, sağlık vb. alanlarda kullanılmaktadır (Gubbi vd., 2013; Sundmaeker vd., 2010). Endüstri 4.0 ile birlikte, "Endüstriyel Nesnelere İnterneti" (ENİ), Nİ kapsamını daha da genişletmiştir (Boyes, Hallaq, Cunningham ve Watson, 2018).

Son zamanlarda sadece fiziksel nesnelere değil, sanal nesnelere de Nİ'nin yeni uzantıları olarak ortaya çıkmıştır. Bu tür nesnelere, temelde fiziksel nesnelere odaklanan Nİ'nin temel kavramını bulanıklaştırma ihtimali olduğu dile getirilmektedir (Nitti, Pollini ve Atzori, 2016). Espada, Martínez, García-Bustelo ve Lovelle tarafından (2011, s. 23) belirli bir amaca sahip, verilerden oluşan ve işlem yapabilen dijital bir öge olarak tanımlanan sanal nesnelere, fiziksel boyuttaki nesnelere dijital ortamdaki karşılıklarını yok ederek daha sık görülmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Buna örnek olarak e-kitaplar, e-haritalar, e-biletler ve e-cüzdanlar verilebilir. Bu bağlamda, "sanal nesnelere"nin, fiziksel nesnelere dijital modelleri değil, fiziksel nesnelere bağımsız olarak oluşturulan elektronik nesnelere olduğu görülmektedir. Nİ bağlamında sanal nesnelere gerçek nesnelere ile entegrasyonun sağlanması için sanal nesnelere fiziksel dünyaya yerleştirecekleri alanı belirlemede bir algılama cihazı gerekmektedir. Son zamanlarda sıkça gündeme gelen artırılmış gerçekliğin¹ anahtarı, sanal nesnelere ve gerçek dünya nesnelere bütünlüğüdür. Bu şekilde, sanal nesnelere, gerçek nesnelere gösteremediği bilgileri sunmakta ve kullanıcının gerçek nesnelere algısını geliştirmektedir (Minjing, 2012, s. 3949).

Bilgi Yönetimi Bağlamında Nİ

Günümüzde, modern anlamda bilgi hizmetlerini geliştirebilecek ve kullanıcıların bilgiye kolayca erişmelerini sağlayacak teknolojiler bulunmaktadır. Nİ teknolojilerinin artmasıyla birlikte başta veri² yönetimi olmak üzere enformasyon³ ve bilgi⁴ yönetiminin bağlamı kavram değişikliğine uğramıştır. Bu konsept; birbiriyle ilişkili bilgisayarların, mekanik ve dijital makinelerin, benzersiz bir kimliğe sahip nesnelere ve insandan insana veya insandan bilgisayara etkileşime gerek duymadan bir ağ üzerinden veri aktarma yeteneği içeren bir sistemi içermektedir. Nİ bağlamında akla gelebilecek her türlü cihaz ve sensörler "nesne" olarak nitelendirilebilir. Bu "nesne"lerin "akıllı" bir özelliğe sahip olabilmesi ve Nİ nesnesi olarak tanımlanabilmesi için; tekil bir ad, farklı cihazlarla iletişim kurabilme becerisi ve bir sensöre sahip olması gerekmektedir (Federal Trade Commission, 2015, s. 5). Bu sayede, "akıllı" bir nesne dünyanın herhangi bir yerinden erişilebilir ve kontrol edilebilir hale gelmektedir. Nesnelere tekil bir isme sahip olması günümüzde yaygın olarak kullanılan IP adreslerinin sınırlı olması sebebi ile pek mümkün değildir, bu problemi çözmek üzere tasarlanmış olan IPv6 protokolünün kullanımı ile birlikte nesnelere gerçek manada benzersiz hale gelebilecektir (IPv6, 2019). Tüm bu bilgiler ışığında Nİ, fiziksel nesnelere sensörler

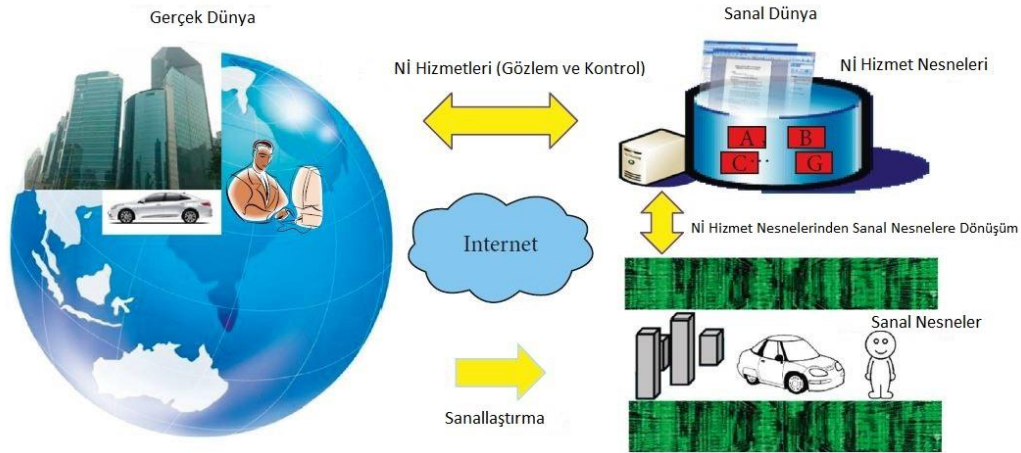
¹ Ses, video, grafik veya GPS verileri gibi bilgisayar tarafından üretilip duyuşal girdi ile artırılıp canlandırılan bileşenlerin gerçek dünya ortamıyla birleştirilmesiyle oluşturulan yeni bir algı ortamının canlı doğrudan ya da dolaylı bir görünümü.

² Data

³ Information

⁴ Knowledge

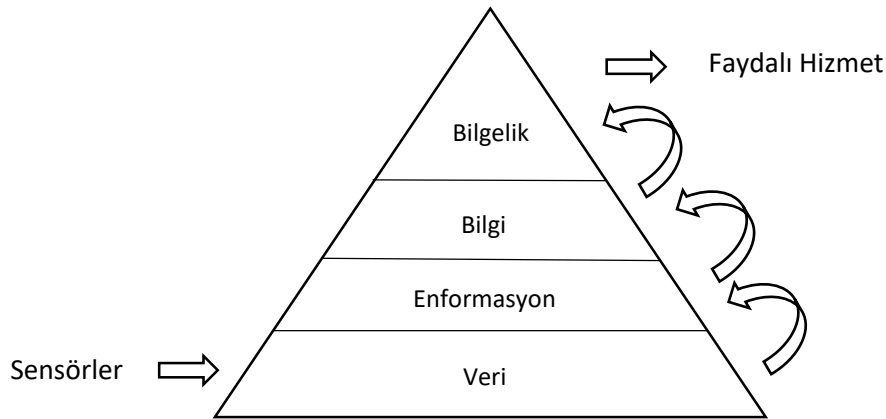
yerleştirilerek toplanan verileri analiz edip kullanmak için “akıllı” özellikler gösteren ağa bağlı bir cihaz ve sistemlerin kullanımı olarak tanımlanabilir.



Şekil 1: Nİ Ortamında Sanal ve Gerçek Dünya Arasındaki Bilgi İletişimi

Kaynak: (Ullah, Khan ve Kim, 2018, s. 2)

Şekil 1’de, Nİ ortamında sanal ve fiziksel dünya arasındaki bilgi iletişiminin bir gösterimi sunulmuştur. Sanal dünya aynı zamanda siber dünya olarak da bilinir ve tüm sistem daha sonra siber-fiziksel sistem (Cyber-Physical System) olarak adlandırılır. Bu siber-fiziksel sistem; birlikte çalışabilirlik, bilgi şeffaflığı, teknik yardım gibi tasarım ilkeleri ile birlikte daha ileri işlemler ve görselleştirme için ilgili tüm verileri toplayan merkezi bir sisteme sahip olma fikrinin de ötesine geçmektedir.



Şekil 2: Nİ Bağlamında Verinin Bilgeliğe Dönüşme Süreci

Kaynak: (Chen, 2012, s. 385)

Şekil 2’de ise sensörlerden elde edilen verilerin işlenerek verinin faydalı hizmete dönüşüm süreci gösterilmektedir. Teknoloji çağında verilerin analizi ve bağlamının, karar vermede etkili ve kilit bir rol oynayacağı göz önüne alındığında, bilgi piramidindeki aşamalar ve Nİ ilişkisinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Piramidin son basamağına ulaşma sürecinde sensörler tarafından üretilen veriler, insanlar tarafından oluşturulan verilerden farklıdır:

- Verilerin işlenmesi için genellikle gerçek zamanlı veriye ihtiyaç vardır. Gerçek zamanlı veri işleme analizde kritik bir bileşendir.
- Enformasyonda genellikle çok miktarda zamansal ve mekânsal fazlalık bulunmaktadır. Analitik algoritmanın bu fazlalıktan yararlanabilmesi daha verimli

olacaktır. Bununla birlikte, farklı sensörlerden gelen verilerin senkronizasyonu yanlış olabilir.

- Verilerin güvenilirliği veya doğruluğu tahmin edilemeyebilir. Güvenilir olmayan sinyallerin ayrılması, analizin kritik bir bileşeni olacaktır.
- Sensörlerden gelen veriler, makine veya insan hareketinin algılanması amacıyla işlenmektedir. Bu da veri işleme gereksiniminin daha katı olduğu anlamına gelmektedir (Chen, 2012, s. 385).

Nİ Problemleri ve Organizasyonlar için Nİ Gereklilikleri

Yapılan araştırmalara göre, internete bağlı cihaz sayısının 2020 yılı itibariyle 30 milyarın üzerine çıkması öngörülmektedir (Internet of Things, 2019; Gartner, 2017). Her geçen yıl sayıları katlanarak artan “nesnelerin” birbirine internet ağı aracılığı ile bağlanması, gerek organizasyonların çeşitli kritik operasyonlarını geliştirmelerine yardımcı olacak, gerekse bireysel anlamda hayatın daha da kolay hale dönüştürülmesi sağlanacaktır. Ancak birçok organizasyon, Nİ girişimlerini bilinmeyene zor bir yolculuk olarak değerlendirmektedir. Cisco tarafından yapılan bir ankette, organizasyonların yalnızca %26'sının Nİ girişimlerini başarılı gördükleri belirtilmiştir (Cognizant, 2019, s. 2). Başka bir deyişle bu sonuç, Nİ projelerinin daha karmaşık, beklenenden uzun sürdüğü veya tamamıyla başarısız olduğunu göstermektedir. Forbes Insight tarafından yapılan bir diğer araştırma ise (2017, s. 9); çeşitli bilişim firmalarında çalışan üst düzey yöneticilerin, organizasyonlarında Nİ uygulamalarının sağlıklı bir şekilde yapılamamasını; %32 ile güvenlik problemlerine, %31 ile birimler arası işbirliğinin yeterli seviyede olmamasına, %30 ile farklı verilerinin entegrasyonunun yaratacağı problemlere ve %29 ile yetenekli personelin mevcut olmamasına bağladığını göstermiştir. Başka bir deyişle, organizasyonların Nİ projelerini “henüz” uygulamaya koymadaki isteksizliğinin altında yatan, kritik başarı faktörlerinin sağlıklı bir şekilde analiz edilememesi olabilir. Organizasyonlar için, uygulanmaya çalışılan tüm bu süreçlerin en önemli amaçlarından birisi sağlıklı bir veri ve enformasyon yönetiminin yapılarak ihtiyaç duyulan ve karar vermede yardımcı olacak faydalı bilgiye daha kısa sürede erişmek ve bu sayede süreçlerin başarıyla tamamlanması isteğidir. Organizasyonların Nİ zorluklarını aşmasının dikkatli bir planlama, alan bilgisi ve titiz bir uygulama gerektirdiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Buntz (2016)'a göre, Nİ proje yatırımlarının artarak devam etmesine rağmen, organizasyonlar ve potansiyel kullanıcılar için birtakım engeller ortaya koyulduğu görülmüştür. Veri gizliliği ve güvenlik endişeleri, yüksek uygulama maliyeti, mevcut çözümler hakkında yeterli bilginin olmaması, altyapı yetersizliği, standart eksikliği, birlikte çalışabilirlik endişeleri, Nİ'nin vaat edilen faydaları sağlama noktasında belirsizliği, mevcut iş akış süreçlerinin iyi tanımlanamaması ve ilgili teknolojilerin henüz olgunluğa ulaşamaması gibi etkenlerin Nİ uygulamalarının benimsenmesinde en önemli engeller olduğu anlaşılmıştır. Bu bağlamda Nİ projelerinde uygulanması gereken teknik ve idari gereklilikler şu şekilde sıralanabilir (Cognizant, 2019, s. 4-8):

Uç Hesaplama⁵ (Edge Computing): Uzak bulut ortamlarındaki hesaplama gücünü ağların uç noktalarına taşımayı amaçlayan bir protokoldür. Böylece akıllı uygulamalar, tüm verilerini çok uzakta yer alan bulut sunucularına göndermek ve cevapların da aynı uzun yol

⁵ İstemci verilerinin ağı çevresinde mümkün olduğunca kaynağına yakın olarak işlendiği dağıtılmış bir bilgi teknolojisi mimarisidir.

üzerinden geri gelmesini beklemek zorunda kalmayacaktır. Uç hesaplama, verilerin üretildiği yere yakın olarak analiz edilebileceği ve değişen koşullara daha hızlı yanıt verebilme kapasitesine sahip olması bakımından avantajlıdır. Bir uç işleme sistemi, 100 milisaniyeden fazla sürebilen bir bulut sistemine kıyasla birkaç milisaniyede yanıt verebilmektedir.

Veri Alımı ve Veri Akışı İşleme: Veri alımı, cihaz tabanlı telemetri verilerinin bulut tabanlı Nİ servisleri tarafından kullanılabilen bir formata aktarılması ve dönüştürülmesi anlamına gelmektedir. Akış işleme, verileri ortak bir veri modelinde normalleştirir.

Cihaz Yönetimi: Cihazların uygun şekilde kaydedilmesini, yönetilmesini, korunmasını ve geliştirilmesini ve bir cihazın çalışmaması durumunda personel ve sistemlerin bilgilendirilmesini sağlayan donanım, yazılım ve işlemleri kapsamaktadır. Cihaz konfigürasyonu, güvenlik, komut gönderimi, işletim kontrolü, uzaktan izleme ve sorun giderme alanlarından oluşmaktadır. Kapsamlı cihaz yönetimi, bağlı cihazların diğer cihazlarla ve bulut platformlarıyla kolayca ve güvenli bir şekilde iletişim kurmasına olanak sağlamaktadır.

Soğuk Yol İşleme⁶ (Cold Path Processing) ve Gelişmiş Hesaplama: Soğuk yol işleme mantığı, büyük miktardaki verilerin bulut platformunda depolandıktan sonra gelişmiş algoritmalar ile analiz edilmesine dayanmaktadır. Kısa vadeli eylemler için gerçek zamanlı olarak veriye nispeten basit kurallar uygulayan akış analizlerinden (sıcak yol) farklı olarak (örneğin dolandırıcılık, güvenlik ihlalleri veya kritik bileşen arızalarını tespit etme) soğuk yol işleme, daha derinde bulunan verilerden enformasyon sağlamak için uygulanan, makine öğrenmesi ve yapay zeka gibi daha karmaşık büyük veri analizlerini içermektedir.

Kurumsal Entegrasyon: Kurumsal sistemler ile entegrasyon, analizlere dayalı görüşlerin yanı sıra ham ve işlenmiş verilerin paylaşılmasını sağlamaktadır. Verileri ve bilgileri paylaşmak için, işletmelerin uygulama programlama arayüzü (API) ağ geçitleri ve özel bağlayıcılar gibi mekanizmalara ihtiyacı bulunmaktadır.

Nİ Entegrasyon Çalışmaları

Nİ cihazları tarafından üretilen devasa veri miktarının sürekli artmasının nedeni bireyler, işletmeler ve devletler tarafından farklı amaçlar için kullanılan bu tür cihazların sayısının artması olarak gösterilebilir. Bu cihazlar veri analizi, enformasyon yaratma ve bilgi yönetimi amacıyla kullanılmaktadır. Etkili bir politika üretmede ve karar vermede yardımcı olan bu verileri işlemek için daha yüksek işlem gücüne sahip işlemciler gerekmektedir. Ayrıca, Nİ cihazları tarafından farklı uygulama alanlarında üretilen veriler zaman açısından da kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, bu tür verileri zamanında işlemek özellikle organizasyonlar ve devletler için hayati önem arz etmektedir.

Nİ uygulamaları, organizasyonların faaliyet alanlarına göre şekillenmektedir. Literatürde çok çeşitli alanlarda uygulanan entegrasyon çalışmaları mevcuttur. Bunlardan bazıları bir çatı model önerirken bazıları da günlük hayat uygulamalarında kendisini göstermektedir. Bu bağlamda, Abbasi vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışma buna örnek gösterilebilir. Çalışma, Nİ özellikli cihazlar tarafından üretilen çok büyük miktarda veriyi güvenli bir şekilde yönetmek için bir veri yönetimi çerçevesi önermektedir. Çalışmada önerilen çerçeve

⁶ Veri tabanına gelen tüm verilerin ham formunda depolanması ve bu veriler üzerinde toplu işlem gerçekleştirilmesidir.

dokuz katmana ayrılmıştır: Veri toplama katmanı, sis bilişim⁷ katmanı, entegrasyon yönetimi katmanı, güvenlik katmanı, veri birleştirme katmanı, veri analiz katmanı, veri saklama katmanı, uygulama katmanı ve arşiv katmanı. Güvenlik katmanı; tüm katmanlarda bulunan verilerin gizliliğini ve güvenliğini sağlayacağından, temel bir katman olarak önerilmiştir. Önerilen tüm katmanlar, verilerin Nİ özellikli bir cihaz tarafından üretildiği noktadan itibaren, verilerin veri merkezinde analiz edilip arşivlendiği noktaya kadar yönetilmesinde yardımcı olacağı belirtilmiştir.

Jara, Zamora ve Skarmeta (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışma ise çatı model öneren bir başka çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma; yaşlı ve engelli nüfusun daha rahat bir yaşam sürdürebilmesi amacıyla “Ortam Destekli Yaşam” (Ambient Assisted Living-AAL) bağlamında hastanın, sensörlerle ve etrafındaki her nesne ile çoklu bir bağlantı kurmak için özellikle tıbbi ortamlarda Nİ’ye dayalı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çoklu bağlanabilirlik özelliğinin temel amacı, hastanın yaşamını ve klinik sürecinin yönetimini daha etkili kılmaktır. Bu yaklaşım bağlamında öncelikle iletişim, izleme ve kontrol esnekliğini sağlamak için bir mimari geliştirilmiştir. Bu mimari Nİ’nin temellerinden biri olan 6LoWAN⁸ standardı ve RFID ile yakın alan iletişimi (Near Field Communication-NFC) gibi gelişmiş iletişim teknolojilerini içermektedir. Mimari oluşturulurken, hareketlilik sorunu ve RFID/NFC kaynaklı güvenlik sorunu ön planda tutulmuştur. Hareketlilik sorunu, MIPv6⁹ protokolünün düşük güç tüketimi ve kapasite ile ilgili yüksek özelliklere sahip sensör ağlarında gerçekleştirilmek üzere 6LoWPAN ağı üzerinden bir protokol ile devreye alınmıştır. RFID ve NFC teknolojilerinin yeteri kadar güvenli iletişimi desteklemediği görülmüş ve tıbbi cihazlarla iletişimlerini doğrulamak, şifrelemek ve imzalamak için bir dizi güvenlik tekniği ile şifrelenmiş bir SIM kart önerilmiştir. Literatürde Nİ çalışmalarındaki bilgi güvenliği açıkları ve gizlilik endişeleri ile bu bağlamlarda bir çatı model oluşturmaya yönelik çeşitli araştırmalar da bulunmaktadır (Tao vd., 2018; Janiesch vd., 2019; Zhang ve Wen, 2017; Lea, Tuan ve Tuan, 2019; Vijayalakshmi ve Arockiam, 2016).

Uygulamaya yönelik olarak geliştirilen Nİ projeleri arasında EDNY, iyi bir örnek olarak gösterilebilir. Basitçe, güneş enerjisi kullanan akıllı bir tarım uygulaması olan bu sistem; toprak için kullanılacak gübre türü ve su miktarı gibi önemli konular için gerçek zamanlı veriler sağlamanın yanında, maksimum verim alacak şekilde toprak, ışık, nem, sıcaklık ve asidik değer verilerini ölçen sensörlere sahiptir. Sistem, doğru nem seviyelerini korumak için yağmurlama sistemine bağlı bir hortuma bağlanan su vanası ile çalışmaktadır. Analiz edilen veriler daha sonra internet üzerinden EDYN bulut servisine aktarılmaktadır. Kullanıcı, toprak sağlığının gerçek zamanlı durumunu, mobil uygulama aracılığı izleyebilmektedir (Ray, 2017, s. 405-406).

Bir başka örnek olarak ise NEST uygulaması verilebilir. İnternete Wi-Fi modülü ile bağlanabilen akıllı bir termostat olan NEST, evlerde kullanılan ısıtma ve soğutma sistemlerine eklenen sensörler aracılığı ile rutin kullanımlarını analiz ederek verileri bulut sistemine gönderip ev sıcaklığını otomatik olarak ayarlayabilmektedir. Her koşulda otomatik

⁷ Akıllı cihazlar tarafından üretilen verilerin, merkezi bir sunucuya gönderilip işlenmesini sağlayan mimarinin aksine, öncelikle yerel bir katmanda analiz edilmesi ve sadece ihtiyaç duyulan verinin merkezi sunuculara gönderilmesini sağlayan bir mimari.

⁸ IPv6’nın basit gömülü aygıtlarda düşük güçlü kablosuz ağlar üzerinden verimli kullanılmasını sağlayan standart.

⁹ Paket anahtarlı ağlar arası iletişimde, elektronik cihazların veri değişimi için kullandıkları IP standardı. Mobil (gezici) IPv6, ağdaki konumun isteğe bağlı olarak değiştirilebilmesi ve geçerli olan bağlantıların devamlılığının sağlanması amacıyla IPv6 düğümünün gezici hale gelmesine izin verir.

olarak gerekli ayarlamaları yapan sistem, enerji verimliliğini artırıp tasarruf yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca kullanıcının ev veya işyeri ağına ve NEST bulut servisi ile arayüze bağlanarak ünitenin uzaktan kontrol edilmesini de sağlamaktadır (Hernandez vd., 2014).

Kargoların ve büyük ölçekli konteynerlerin sensörler aracılığı ile otomatik olarak bir cihaz tarafından naklinin sağlanabildiği tedarik zinciri ve lojistik alanındaki çalışmalar (DHL, t.y.; Vass, Shee ve Miah, 2018), binaların mekanik, elektrik, sıhhi tesisat ve aydınlatma gibi fonksiyonların izlenebilmesi, kontrol edilebilmesi ve gerektiğinde enerji tasarrufu açısından müdahale edebilmesine yönelik geliştirilen akıllı bina çalışmaları (Casini, 2014), özellikle yaşlı ve dezavantajlı grupların seyahat, sağlık ve günlük yaşam aktivitelerini kolaylaştırmak üzere geliştirilen akıllı kent uygulamaları (Hammi vd., 2015; Karacı, 2018) gibi çok çeşitli alanlarda da çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmaların yanında kütüphane ve arşiv hizmetlerinde Nİ teknolojisi kullanımı ile ilgili çalışmalar da mevcuttur. Nag ve Nikam (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kütüphane ödünç verme sistemleri, güvenlik, raf dizilimi ve enerji verimliliği gibi konularda bulut bilişim, sihirli ayna, kablosuz ve basınç sensörleri kullanılarak kütüphanelerin kaynak kullanımını ve yönetim hizmetlerinin geliştirilebileceği öngörülmüştür. Bayani vd. (2017) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise Nİ uygulamalarının akıllı çevrimiçi kütüphane programları temelinde bir uygulama çerçevesi önerilmektedir. Çalışmada RFID etiketleri ve sensörler kullanılarak kitap veya diğer fiziksel metinlerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi sağlanmaktadır. Bunun yanında çevrimiçi kütüphane tedarik zincirinin uygulanması, veri tabanları, veri toplama ve bulut sistemleri gibi farklı teknolojilerle bütünleştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda Nİ tabanlı kütüphane yönetim sistemlerinin araştırmacılara, çalışanlara ve yöneticilere daha verimli ve daha akıllı bir şekilde yardımcı olarak organizasyonel yapıyı güçlendirme ve bilgi erişiminde oldukça önemli bir rol oynayabileceği sonucuna varılmıştır. AlMotiri, Khan ve AlGhamdi (2016) ise hastaların tıbbi bilgilerini içeren kayıtların güvenlik ve gizliliğini koruma amaçlı Nİ tabanlı bir mobil sağlık bilgi sistemi geliştirmişlerdir. Mobil sağlık verilerinin elde edilmesine yönelik giyilebilir teknolojiler kullanılan çalışmada hastaların çeşitli verileri (kalp ritmi ölçümü, kan basıncı, tansiyon vb.) sensörler aracılığı ile toplanıp bilgi sistemine aktarılmıştır. Toplanan verilerin analiz edildikten sonra hem hasta hem de doktorlar ile paylaşılması güvenlik ve gizliliği garanti eden birtakım protokoller ile desteklenmiştir. Çalışmanın genel sağlık bakım maliyetini ve gereksiz hastaneye yatışları önemli ölçüde azaltacağı düşünülmektedir.

Türkiye’de Nİ Üzerine Yapılan Çalışmalar

Ülkemizde yapılan çalışmalar, akademik ve uygulamaya yönelik olarak sınıflandırılabilir. Bu alandaki akademik çalışmalar, Yükseköğretim Ulusal Tez Merkezi, ulusal hakemli dergiler ve Web of Science veri tabanı incelenerek elde edilmiştir.

Doğan tarafından (2019) yapılan bir yüksek lisans çalışmasında, inşaat sahalarında yaşanan iş kazalarının giyilebilir sensörler aracılığı ile anlık tespitini yapılarak Nİ teknolojileri ile acil yardım ekiplerini gerçek-zamanlı bilgilendirecek bir sistem tasarlanmıştır. Bu yolla, kazazedeyi mümkün olan en kısa zamanda tıbbi müdahale ile buluşturarak kazanın ciddi ve ölümcül etkilerinin azaltılması amaçlanmıştır. İnşaat işçilerinin sahada kullanabileceği giyilebilir bir cihaz geliştirilmiş ve geliştirilen bu sistem şantiyede cansız mankenler kullanılarak testlere tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda, düşmenin tespitini %100

başarıyla yapan sistemin, hesaplanan düşme yüksekliğini de %5,8'lik genel hata payıyla verdiği gözlenmiştir. Düşme zamanını doğru şekilde belirleyebilmek için yaşanabilecek ağ bağlantısı kopukluğu gibi durumlarda sistemin bu bağlantısızlık süresini doğru tespiti için de ek testler yapılmış ve %3,16 genel hata payıyla hassas sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, inşaat sahalarında yaşanabilecek yanlış alarm durumları için sistem doğrulama testleri gerçekleştirilmiş ve hiçbir denemede yanlış alarm üretiminin oluşmadığı görülmüştür.

Bektaş (2018) tarafından gerçekleştirilen bir diğer yüksek lisans çalışmasında ise evde sağlık uygulamalarında kullanılan Nİ teknolojilerinde enerji verimliliğine odaklanılmış ve bu alanda kullanılan cihazların pil ömrünün iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, güç tüketimine neden olan etkenler belirlenmiş ve güç tüketimini azaltmayı hedefleyen yeni bir algoritma geliştirilerek evde sağlık uygulamaları için enerji verimli iletişim protokolü ortaya çıkarılmıştır. Geliştirilen bu protokolün prototip bir cihaz üzerinde testleri yapılmış ve sonuçları sunulmuştur. Bu çalışmada evde sağlık uygulamaları için kullanılan hasta duyarlarının enerji verimli olarak Internet'e veri aktarması hedeflenmektedir. Cihazlarda bulunan sensörlerden toplanan veriler ile evde bulunan ve internete bağlı bir kablosuz ağ geçidi yardımıyla bir bulut servisine iletilecektir. Geliştirilen yöntemler sayesinde düşük güçlü, uzun mesafede haberleşebilen ve yüksek kararlılığa sahip bir evde sağlık uygulaması gerçekleştirmek mümkün olacaktır. Yapılan testler sonucunda yeni geliştirilen algoritmanın, mevcut kullanılan standart algoritmaya göre %27 civarında bir güç tasarrufu sağladığı görülmüştür.

Cahit (2018) tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans çalışmasında; nesnelerin ürettiği bilgiler ve bunlara erişim, kullanım ve analiz sonuçlarının hangi formatlarda saklanacağı konusuna odaklanılmıştır. Çalışmanın amacı, farklı uygulama alanlarında bulunan fakat birbirine benzer işlevleri olan cihazların elde ettikleri özgün veri temsil formatlarının oluşturduğu heterojenliği en aza indirmektir. Bu nedenle farklı ortamlardan gelen veriyi temsil edebilecek bir soyut katman modeli oluşturulmuştur. Ayrıca Google Bulut platformu hizmeti olan Google App Engine (GAE) kullanılarak geliştirilen model üzerinde temsil edilen örnek verileri bulut ortamına aktaracak bir araç geliştirilmiştir. Semantik web teknolojileri kullanılarak yapılan modelleme sonucunda heterojenliğin yarattığı problemleri çözebilmek için iki katmanlı bir yapıda verilerin temsil edilebilecekleri belirlenmiştir. Kurulan yapı sayesinde bölgesel cihazlardan gelen farklı tipte verilerin merkezi bir yapıda elde edilmesi ve yönetilmesi sağlanmıştır. Verilerin temsili, uygulama alanı özelinde özelleşmiş bir yapı ve verinin bulut ortamında temsili için bir katman soyutlanmış haldeki versiyonu olan bir başka yapı olarak ikiye ayrılabilir. Böylece bulut ortamındaki değişik test verileri ile karmaşık analiz sorgularına sokulduklarında daha anlamlı sonuçlar ortaya çıkabilecektir.

Aktaş'ın (2018) gerçekleştirdiği doktora çalışmasında ise, hastane bilgi sistemi için kablosuz vücut alan ağları¹⁰ (KVAA) ve RFID teknolojileri kullanılarak yeni bir Nİ tabanlı veri toplama ve izleme platformu geliştirilmiştir. Bu platform yazılım kullanılarak modellenmiş ve benzetimi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında özgün olarak geliştirilen platform, veri iletim hızı ve cevap gecikme süresi bakımından enerji verimliliğini esas alarak düşük

¹⁰ Vücudun üzerine veya içine yerleştirilen, kablosuz ortamda haberleşebilen küçük ve akıllı cihazlar.

güç tüketimini desteklemiş ve RFID etiketleri ile elde edilen veriler, hastane bilgi sisteminde yer alan tıbbi ve kişisel verilerle gerçek zamanlı ve başarıyla eşleştirilmiştir.

Yiğit, Gür, Alagöz ve Tellenbach (2019), Nİ sistemlerinin güvenliğinin maliyet ve bütçe odaklı olarak güçlendirilmesi için sistem saldırı grafiklerini analiz ederek bir algoritma önermişlerdir. Çalışmada, ağda yerleşik olarak bulunan ve önceden belirlenmiş güvenlik açıkları modellenmiş ve test ortamında algoritmanın ağ boyutuyla doğrusal olarak ölçeklendiği ve çok sayıda Nİ düğümüne sahip büyük ölçekli grafiklere uygulanabileceği gösterilmiştir.

Uygulama alanında ise Baysal vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışma örnek olarak gösterilebilir. Kablosuz algılayıcı ağlar ve bir gömülü sistem kullanılarak ve Nİ tabanlı bir sera otomasyonu tasarlanmış ve sera ortam verilerinin gerçek zamanlı takip edilmesi amaçlanmıştır. Uygulama, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu uygulama seralarında gerçekleştirilmiş ve sera içerisinde çeşitli noktalara yerleştirilen sensörler, bir 4G modem aracılığı ile ölçülen değerleri Raspberry veri tabanı üzerine göndermiştir. Çeşitli faktörlerin (sıcaklık, nem vb.) önceden belirlenmiş aralıklar dışına çıkması durumunda kullanıcı tercihine göre e-posta veya kısa mesaj (SMS) ile ürün zarar riskinin en alt seviyeye çekilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca kullanıcı, seranın anlık ve geçmişe dönük kamera görüntülerine ulaşabilmektedir.

Eğitim süreçlerindeki çalışmaya ise Uçar ve Uludağ (2018) tarafından geliştirilen Akıllı Sınıf ve Öğrenci Takip Sistemi örnek gösterilebilir. Çalışma; öğrenci takibini ve yoklama durumlarını takip eden, sınıfın kapı ve ışıklarının kontrolünü yetkili personellere bildiren bir sistemi anlatmaktadır. Bu bağlamda 2 farklı uygulama geliştirilmiştir. Akıllı sınıf uygulaması ile sınıfların ortamdaki bağımsız bir şekilde (mobil, bilgisayar, tablet vb.) yönetilmesi; öğrenci takip sistemi ile de elektronik ortamda yoklama alınması amaçlanmıştır. Yazılım aşamasında öğrenci otomasyonu benzeri bir sistem geliştirilmiştir. Donanım aşamasında ise RFID etiketi içeren öğrenci kimlik kartları ile beraber parmak izi alınarak ders yoklamalarında çevrimiçi uygulama yapabilen, sınıfın kapısını açabilen ve ışıklarını kontrol edebilen elektronik bir sistem oluşturulmuştur. Geliştirilen web sayfası online olarak çalışan bir sunucu tarafından yayınlanmıştır. Arduino¹¹ kullanılarak tüm sınıflar kendi içerisinde organize edilerek çevrimiçi sunucu ile iletişim kuran Raspberry Pi sistemine bağlanmıştır. Bu ilişki bulut sistemi ile farklı bir güvenlik katmanından geçirilerek kurulmuştur. Kullanıcı şifrelerini güvende tutmak için açık anahtarlı şifreleme yöntemi RSA¹² (Rivest-Shamir-Adleman) ve MD5¹³ gibi kriptolojik algoritmaları sistem içerisinde etkin bir şekilde kullanılmıştır. Geliştirilen sistemin teknik altyapısı ile bir bütün hale getirildiğinde, ülkemizde akıllı sınıf uygulamaları alanında başarılı ilk kapsamlı proje örneği olması beklenmektedir. Yapılan bu çalışmaların dışında; meteorolojik veri takip sistemi (Kelebekler, 2019); akıllı priz prototipi (Ayyıldız ve Denizli, 2019); sis bilişim tabanlı mobil öğrenme (Parlakkılıç, 2019), afet yönetimi (Küçük vd., 2019; Çeltek, Durgun, Gökrem ve Durgun, 2017), akıllı ulaşım (Koşunalp ve Arucu, 2018; Memiş ve Babaoğlu, 2018); muhasebe (Erturan ve Ergin, 2017); veri haberleşme sistemleri (Akkuş, 2016) ve

¹¹ Mikro denetleyici ve programlama için gerekli ekipmanları üzerinde bulunduran geliştirme kartlarının genel adı.

¹² Güvenli veri iletimi için kullanılan ilk anahtar şifreleme sistemlerinden biri.

¹³ Bir tür kriptografik özet fonksiyonu.

sağlık bilimleri (Aktaş, Çeken ve Erdemli, 2016; Öcal, Doğru ve Barışçı, 2019) gibi değişik alanlarda da sistem geliştirme çabaları devam etmektedir.

Özel sektör girişimleri de bu konuda oldukça gelişme gösteren sektörlerden biridir. Binaların ve konutların enerji tüketiminde tasarruf sağlamayı amaçlayan bir girişim, tüketilen tüm enerjiyi ölçerek kullanım şeklini analiz eden ve gereksiz enerji kullanımını engelleyecek öneriler sunan ve bunları raporlaştıran bir Nİ sistem uygulaması mevcuttur (Demirel, 2016). Bankacılık uygulamalarında tasarrufu teşvik etmek için geliştirilen dijital para kutusu, mobil bankacılık uygulamaları ile entegre ve el hareketi ile Bluetooth üzerinden para transferi sağlayan bir uygulama mevcuttur. Otomotiv sektöründe ise mobil uygulamalar ile entegre Bluetooth Smart akıllı anahtarlık tasarımı mevcuttur (IoT Solutions, 2019).

Sonuç ve Değerlendirme

Nİ, öğrenme ve rekabeti geliştirerek veri, enformasyon ve bilgi yönetiminin niteliğini değiştirmiştir. Nİ aracılığı ile çeşitli alanlarda farklılaştırılmış hizmetlerin kullanımı ve dijital bir topluma kalıcı geçiş konusunda fırsatlar yaratılmıştır. Günümüzde pek çok özel girişim ve kamu kurumlarının Nİ projelerine oldukça büyük miktarlarda yatırım yaptıkları görülmektedir. Bu alanda devam eden sistem geliştirme çalışmalarının yanında, özellikle güvenlik ve gizlilik konularında şüpheler duyulmaktadır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, birçok alan uzmanı tarafından başta güvenlik ve gizlilik endişeleri olmak üzere; yüksek maliyet, altyapı yetersizliği, standart eksikliği ve Nİ teknolojilerinin henüz olgunluğa ulaşamaması gibi sebeplerden dolayı Nİ projeleri ve uygulamalarına karşı bir benimseme durumunun henüz oluşmadığı görülmüştür. Gelişen teknoloji ile birlikte bu tür problemlerin büyük oranda çözülebileceği, mevcut sistem geliştirme çalışmalarına bakılarak öngörülebilir. Dünyada ve ülkemizde sayıları gitgide artan Nİ proje ve uygulamaları büyük çoğunlukla tarım, eğitim, sağlık, bankacılık, otomotiv vb. endüstrilerinde görülmektedir. Buna ek olarak kütüphane uygulamaları ve elektronik kayıtların gizliliğinin ve güvenilirliğinin sağlanmasına yönelik çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre yakın bir gelecekte Nİ tabanlı hizmetlerin kütüphane otomasyonu, dijital arşivler ve elektronik belge yönetimi alanlarında daha fazla kullanılacağı ve gelişen teknolojiler (IPv6, 6LoWAN, Sis Bilişim, RFID, NFC vb.) neticesinde Nİ uygulamalarının kabulünün daha da kolaylaşacağı söylenebilir.

Kaynakça

- Abbasi, M. A., Memon, Z. A., Memon, J., Syed, T. Q. ve Alshboul, R. (2017). Addressing the Future Data Management Challenges in IoT: A Proposed Framework. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(5), 197-207.
- Akkuş, S. (2016). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinde Güvenli Veri İletişimi - Programlanabilir Fiziksel Platformlar Arasında WEP Algoritması ile Kriptolu Veri Haberleşmesi Uygulaması. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 3, 100-111.
- Aktaş, F. (2018). Biyomedikal Uygulamaları için Nesnelerin İnterneti Tabanlı Gerçek Zamanlı Veri Toplama ve İzleme Platformunun Geliştirilmesi. (Doktora Tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Aktaş, F., Çeken, C. ve Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4, 37-54.
- Alexander. (2017, Kasım 29). The History of Internet of Things: Research. [Web Blog]. 04.06.2019 tarihinde <http://well.blogs.nytimes.com/2010/05/18/questions-about-cellphones-and-brain-tumors/> adresinden erişildi.
- AlMotiri, S. H., Khan, M. A. ve AlGhamdi, M. A. (2016). Mobile Health (m-health) System in the context of IoT. 13.06.2019 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/309222351_Mobile_Health_m-Health_System_in_the_Context_of_IoT adresinden erişildi.
- Bayani, M., Segura, A., Alvarado, M. ve Loaiza, M. (2017). IoT-Based Library Automation and Monitoring system: Developing an Implementation framework of Implementation. *e-Ciencias de la Información*, 8(1), 1-18.
- Baysal, K., Özcan, M. O., Özdüven, F. F. ve Beynek, B. (2018). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bir Sera Takip Sistemi. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 8(2), 49-56.
- Bektaş, M. (2019). Evde Sağlık Uygulamaları İçin Enerji Verimli Nesnelerin İnterneti Protokolü. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J. ve Watson, T. (2018). The Industrial Internet of Things (IIoT): An Analysis Framework. *Computers in Industry*, 101, 1-12.
- Buntz, B. (2016). Top 10 Reasons People Aren't Embracing the IoT. 05.06.2019 tarihinde <https://www.iiotworldtoday.com/2016/04/20/top-10-reasons-people-aren-t-embracing-iiot/> adresinden erişildi.
- Cahit, A. C. (2018). Nesnelerin İnterneti için Bir Veri Gösterim modeli Geliştirilmesi ve Bulut Platformunda Saklanması. (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Casini, M. (2014). Internet of Things for Energy Efficiency of Buildings. *International Scientific Journal of Architecture and Engineering*, 2(1), 24-28.
- Chen, Y. K. (2012). Challenges and Opportunities of Internet of Things. 05.06.2019 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/254019549_Challenges_and_opportunities_of_internet_of_things adresinden erişildi.

- Congizant. (2019). The Five Essential IoT Requirements and How to Achieve Them. 04.06.2019 tarihinde <https://www.cognizant.com/whitepapers/the-five-essential-iot-requirements-and-how-to-achieve-them-codex4241.pdf> adresinden erişildi.
- Çeltek, S.A., Durgun, M., Gökrem, L. ve Durgun, Y. (2017). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Yangın Alarm Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(3), 66-72.
- Denizli, M. ve Ayyıldız, M. (2019). Nesnelerin İnterneti ile Akıllı bir Priz Prototipi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 722-728.
- Demirel, F. (2016). Positive Enerji'ye Şirket Ortağım Melek Yatırımcılarından 510 Bin TL Yatırım. 07.06.2019 tarihinde <https://webrazzi.com/2016/03/07/positive-enerjiye-sirket-ortagim-melek-yatirimcilarindan-510-bin-tl-yatirim/> adresinden erişildi.
- DHL. (t.y.). Internet of Things in Logistics: A Collaborative Report by DHL and CISCO on Implications and Use Cases for the Logistics Industry. 06.06.2019 tarihinde <https://discover.dhl.com/content/dam/dhl/downloads/interim/full/dhl-trend-report-internet-of-things.pdf> adresinden erişildi.
- Doğan, O. (2019). Detecting Falls-From-Height with Wearable Sensors and Reducing the Consequences of Occupational Fall Accidents Leveraging Internet-of-Things. (Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erturan, İ. E. ve Ergin, E. (2017). Muhasebe Denetiminde Nesnelerin İnterneti: Stok Döngüsü. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 75, 13-30.
- Espada, J.P., Martínez, O.S., García-Bustelo, B.C. ve Lovelle, J.M. (2011). Virtual Objects on the Internet of Things. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 1(4), 23-29.
- Federal Trade Commission. (2015). Internet of Things: Privacy&Security in a Connected World. 12.06.2019 tarihinde <https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/federal-trade-commission-staff-report-november-2013-workshop-entitled-internet-things-privacy/150127iotrpt.pdf> adresinden erişildi.
- Forbes Insight. (2017). The Internet of Things: From Theory to Reality How Companies are Leveraging the IoT to Move Their Businesses Forward. ss. 1-24. 04.06.2019 tarihinde <http://info.forbes.com/rs/790-SNV-353/images/Hitachi%20IoT%20Report.pdf> adresinden erişildi.
- Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017. (2017). 04.06.2019 tarihinde <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016> adresinden erişildi.
- Gershenfeld, N. (1999). *When Things Start to Think*. New York: Henry Holt and Company, Inc.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. ve Marimuthu, P. (2013). Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements and Future Directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.

- Hammi, B., Khatoun, R., Zeadally, S., Fayad, A. ve Khoukhi, L. (2015). Internet of Things (IoT) Technologies for Smart Cities. *The Institution of Engineering and Technology Journals*, 2015, 1-14.
- Hernandez, G., Arias, O., Buentello, D. ve Jin, Y. (2014). Smart Nest Thermostat: A Smart Spy in Your Home. 06.06.2019 tarihinde <https://pdfs.semanticscholar.org/f1aa/f326c8b2cb6a94fa105b9910125e61920714.pdf?ga=2.70651415.622252286.1559837546-118111805.1556191952> adresinden erişildi.
- Internet of Things (IoT) Connected Devices. (2019). 04.06.2019 tarihinde <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> adresinden erişildi.
- IoT Solutions. (2019). Meet Our Internet of Things Solutions. 07.06.2019 tarihinde <https://www.blesh.com/iot-solutions/> adresinden erişildi.
- IPv6. (2019). IPv6 Nedir?. 12.06.2019 tarihinde <https://support.apple.com/tr-tr/HT202236> adresinden erişildi.
- Janiesch, C., Fischer, M., Winkelmann, A. ve Nentwich, V. (2019). Specifying Autonomy in the Internet of Things: The Autonomy Model and Notation. *Information Systems and e-Business Management*, 17, 159-194.
- Jara, A. J., Zamora, M. A. ve Skarmeta, A. F. G. (2010). An Architecture Based on Internet of Things to Support Mobility and Security in Medical Environments. 05.06.2019 tarihinde <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5421661> adresinden erişildi.
- Karacı, A. (2018). Akıllı Şehir Hava Takip Sistemi ve Astım Hastaları için pm2.5 Konsantrasyonu Ölçüm Aracının Geliştirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 418-425.
- Kelebekler, E. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Meteorolojik Veri Takip Sistemi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 650-663.
- Kennedy, J.B. (1926). Woman is Boss: An Interview with Nikola Tesla by John B. Kennedy. *Colliers Magazine*. 03.03.2019 tarihinde <http://www.tfcbooks.com/tesla/1926-01-30.htm> adresinden erişildi.
- Koşunalp, S. ve Arucu, M. (2018). Nesnelerin İnterneti ve Akıllı Ulaşım. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(1), 1-7.
- Küçük, K., Bayılmış, C., Sönmez, A. F. ve Kaçar, S. (2019). IoT Teknolojilerini Kullanan Afet Sonrası Yönetim Sistemi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(2), 298-305.
- Lea, N. D., Tuan, L. L. ve Tuan, M. N. D. (2019). Smart-building Management System: An Internet of Things (IoT) Application Business Model in Vietnam. *Technological Forecasting & Social Change*, 141, 22-35.
- Memiş, L. ve Babaoğlu, C. (2018). Kentleri Akıllandıran Yollar: Akıllı Kentler Üzerine Bir Değerlendirme. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(4), 151-157.
- Minjing, P. (2012). A Model of Integrating Virtual and Real Objects Based on Contour Algorithm and Gabor Filter. *Procedia Engineering*, 29(2012), 3949-3953.

- Nag, A. ve Nikam, K. (2016). Internet Of Things Applications In Academic Libraries. *International Journal of Information Technology and Library Science*, 5(1), 1-7.
- Nitti, M., Virginia, P. ve Atzori, L. (2016). Real and Virtual Objects in the IoT: Two Distinct Worlds or Two Sides of the Same Coin? *IEEE IoT Newsletter*, Mart 2016. 04.6.2019 tarihinde <https://iot.ieee.org/newsletter/march-2016/real-and-virtual-objects-in-the-iot-two-distinct-worlds-or-two-sides-of-the-same-coin.html> adresinden erişildi.
- Öcal, H., Doğru, İ. A. ve Barışçı, N. (2019). Akıllı ve Geleneksel Giyilebilir Sağlık Cihazlarında Nesnelerin İnterneti. *Politeknik Dergisi*, 22(3), 1-24.
- Parlaklıç, A. (2019). Sis Bilişim Tabanlı Mobil Öğrenme: Temel Esaslar ve Mimari. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 4(2), 49-59.
- Ray, P. P. (2017). Internet of Things for Smart Agriculture: Technologies, Practices and Future Direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9, 395-420.
- Schoder, D. (2018). Introduction to the Internet of Things. Qusay Hassan (Ed.), *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications*. (3-50). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P. ve Woelffle, S. (Eds.). (2010). Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. Cluster of European Research Projects on the Internet of Things (CERP-IoT), European Commission, Information Society and Media.
- Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B., Guo, Z., Lu, S. C. Y. ve Nee, A. Y. C. (2018). Digital Twin-Driven Product Design Framework. *International Journal of Production Research*, 2018, 1-19.
- Uçar, A. ve Uludağ, M. H. (2018). Nesnelerin İnterneti (IoT) ile Akıllı Sınıf ve Öğrenci Takip Sistemi Tasarımı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 9(2), 591-600.
- Ullah, I., Khan, M. S. ve Kim, D. H. (2018). IoT Services and Virtual Objects Management in Hyperconnected Things Network. *Mobile Information Systems*, Volume 2018, 1-19. 04.06.2019 tarihinde https://pdfs.semanticscholar.org/e81c/9b5dbda20d29021ea215b02f7628b8a27028.pdf?_ga=2.124444938.1425489512.1559654220-118111805.1556191952 adresinden erişildi.
- Vass, T., Shee, H. ve Miah, S. (2018). The Effect of “Internet of Things” on Supply Chain Integration and Performance: An Organisational Capability Perspective. *Australasian Journal of Information Systems*, 22, 1-29.
- Vijayalakshmi, A. V. ve Arockiam, L. (2016). A Study on Security Issues and Challenges in IoT. *International Journal of Engineering Sciences & Management Research*, 3(11), 34-43.
- Yiğit, B., Gür, G., Alagöz, F. ve Tellenbach, B. (2019). Cost-Aware Securing of IoT Systems Using Attack Graphs. *Ad Hoc Networks*, 86, 23-35.
- Zhang, Y. ve Wen, J. (2017). The IoT Electric Business Model: Using Blockchain Technology for the Internet of Things. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 10, 983-994.