

Araştırma Makalesi

Soğuk Zincir Lojistiği Gerektiren Uluslararası Ticarete Nesnelerin İnternetinin Kullanımı

Use of Internet of Things (IoT) in Cold Chain Logistics for International Trade

İşıl TAY

Antalya Bilim Üniversitesi, İİSBF, İşletme Bölümü, Çıplaklı Mah. Akdeniz Bulvarı No:290
A, 07190 Döşemealtı/Antalya

isilay.talay@antalya.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-8956-9505>

Makale Gönderme Tarihi	Revizyon Tarihi	Kabul Tarihi
18.03.2020	24.04.2020	16.05.2020

Öz

Gıda ve tüketim maddelerinin uluslararası ticareti tüm dünyada çok yüksek hacimlere erişmiştir. Belirli bir sıcaklık düzeyinde tutulması gereken bu ürünlerin tüm taşıma, depolama, dağıtım ve perakende faaliyetlerini içeren soğuk zincir lojistiği yönetiminde yüksek performans elde etmek ise esastır. Soğuk zincir lojistiği faaliyetlerinde sıcaklık ve nem gibi dış ortama özgü unsurların izlenebilirliğini sağlamak ve gerekli müdahaleleri gecikmeden gerçekleştirmek gerekmektedir. Nesnelerin interneti ve diğer yüksek teknolojilerin soğuk zincir lojistiğinde izlenebilirliği arttırmak için yüksek potansiyeli bulunmaktadır. Ancak henüz dünya genelinde tam olarak yaygınlaşmaları ve tüm kullanım potansiyellerine erişmeleri mümkün olmamıştır. Bu bağlamda farkındalığı arttıracak ve bu yeniliklerin kullanımı ile ilgili potansiyeli ortaya koyarak yönlendirici olacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, nesnelerin internetinin yapısal katmanları ve bu katmanlarda kullanılabilecek teknolojik yenilikler belirtilmiş, bu kullanım sayesinde tüketicilerin ve uluslararası ticaretin tüm paydaşlarının ihtiyaçlarına nasıl cevap verilebileceği açıklanmıştır. Nesnelerin internetinin tüm faydaları ile beraber ortaya çıkardığı bazı potansiyel sorun ve ihtiyaçlara da dikkat çekilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğuk zincir lojistiği, uluslararası ticaret, nesnelerin interneti

Abstract

International trade of food and consumer products has reached very high volumes all over the world. Achieving high performance in cold chain logistics management, which includes all transportation, storage, distribution and retail activities of these products, which must be kept at a certain temperature level, is essential. In cold chain logistics activities, it is necessary to ensure the traceability of external elements such as temperature and humidity and to perform the necessary interventions without delay. The Internet of Things and other high technologies have high potential to increase traceability in cold chain logistics. However, it has not been possible for them to become fully widespread worldwide and reach their full potential. In this context, there is a need for studies that will increase awareness and guide the potential use these innovations. In this study, the structural layers of the Internet of Things and the technological innovations that can be used in these layers are explained. Also, how these can be used to meet the needs of consumers and all stakeholders of international trade is described. Attention has also been drawn to some potential problems and needs that the Internet of Things brings together with all its benefits.

Keywords: cold chain logistics, international trade, Internet-of-Things (IoT)

Önerilen Atıf /Suggested Citation

Talay, I., 2020. Soğuk Zincir Lojistiği Gerektiren Uluslararası Ticarete Nesnelerin İnternetinin Kullanımı, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 55(2), 1169-1187

1. Giriş

Soğuk zincir lojistiği, gıda ve ilaç gibi tüketim maddelerinde, üretimden tüketime kadar olan noktalarda, tüketim maddesinin doğal özelliklerinin ve tazeliğinin korunması amacıyla gerekli olan sıcaklıkta tutulması için yapılan tüm faaliyet ve uygulamaların genel adıdır (Küçük, 2019, s. 21). Tıp alanında ayrıca laboratuvar ortamında ve kurutma olarak soğuk zincir uygulamalarına başvurulmaktadır (Şen, 2008, s. 64). Soğuk zincir lojistiğine dâhil olan ürünler:

- Taze tüketilen veya satın alınan ziraat ürünleri (0-20 °C, sebze ve meyveler, kırmızı et, beyaz et, yumurta, deniz ürünleri, bahçe bitkileri gb.),
- Donuk gıdalar (-18-(-15) °C, paketlenmiş ve dondurulmuş et, sebze ve meyveler, dondurma ve benzeri süt ürünleri, hazır gıda (fast food) malzemeleri),
- Tıp ve eczacılık ürünleri (2-8 °C, aşılarda, antibiyotik, diğer biyolojik ve besleyici ürünler) olarak sınıflandırılabilir (Wang ve Yip, 2018, s. 219).

Soğuk zincir lojistiğinin uluslararası ticarete başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için aşağıdaki lojistik süreç aşamalarında sıcaklığın korunması gerekmektedir (süreç adımları ürünlerin fiziksel akışı odaklı belirtilmiştir):

- Ürünlerin üretim sonrası nakliye aracına yüklenmesi,
- Üretim tesisinden ara depoya götürülmesi,
- Ara depoda boşaltılması ve depolanması,
- Ara depoda ambalajlama, paketlenme, ihracat ve alıcının ülkesine ithalat için gerekli dokümanların hazırlanması ve güvenlik kontrollerinin yapılması (Sung Heun, 2015, s. 2),
- Müşteri veya perakendeci firmaya nakliye için araca yüklenmesi,
- Müşteri firmaya nakliyesi ve teslimi (Degirmenci, Karayun, ve Akyıldırım, 2017, s. 163).

Soğuk zincir lojistiğinin en hassas noktası tüketim maddelerinin, özellik ve tazeliklerini koruması gereken sıcaklıkta saklanmasıdır. Bu gereklilik yerine getirilemezse ürünlerin önce lezzeti, sonra kimyasal özellikleri ve besin değerleri bozulabilir. Bu da zehirlenmeler ve diğer sıkıntılara sebep olabilir (Alanur, 2014, s. 28).

2. Soğuk Zincir Lojistiğinin Uluslararası Ticaret İçin Önemi

Gıda ve tüketim maddelerinin insan sağlığı açısından güvenilir bir şekilde tutulması ve korunması, küreselleşme ve serbest ticarete gıdaların da konu olmasından dolayı daha da önemli hale gelmiştir. Gıda ve tüketim maddelerinin ticaretinde gerçekleştirilen işlemler, tüm, ülkeler arası taşıma, depolama, dağıtım ve perakende işlemlerini içerir. Ancak belirli bir sıcaklık düzeyinde tutulması gereken gıda ve tüketim maddeleri için bu koşulun sağlanması üreticiler, dağıtıcılar, taşımacılar ve perakendeciler için önemli zorunluluk ve problem teşkil etmektedir (Likar ve Jevšnik, 2006, s. 108). Bu probleme çözüm getiren tüm faaliyetler soğuk zincir lojistiği adı altında toplanabilir. Geçmiş yıllarda dünya gıda endüstrisinin yıllık kayıplarının 750 milyar dolara eriştiği ve tıp, biyoloji ve ilaç odaklı ürünlerin yıllık satışlarının 130 milyar dolar civarı olduğu düşünülürse soğuk zincir lojistiği performansında erişilecek iyileştirmelerin uluslararası ticarete katkısı daha iyi anlaşılabilir (Çeken ve Abdurrahman, 2019, s. 90).

Eğer soğuk zincir lojistiği uluslararası bir ticaret faaliyeti için yapılıyorsa bu durumda iki ayrı ülkede yer alan ticaretin taraf ve aktörleri arasında gıda ve tüketim maddelerinin korunması gereken ortam ve koşullarla ilgili mutabakat sağlanması ihtiyacı doğmaktadır. Tüm uluslararası ticaret faaliyetlerinde soğuk zincir lojistiği için sıcaklık ve diğer koşulların hususi olarak her defasında tartışılması pratik olmayacağı ve fikir ayrılıklarının da insan sağlığına zararlı durumlara sebep olacağı düşüncesinden yola çıkarak ülkeler soğuk zincir lojistiğinin sağlaması gereken koşullarla ilgili standartlar belirlemişlerdir.

Bu standartların resmileştirilmesi için atılan ilk adım ATP konvansiyonudur (The Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuff and on the Special Equipment to be used for such Carriage – Bozulabilir Gıda Maddelerinin Uluslararası Taşımacılığı ve Taşımalarında Özel Araçların Kullanımı Antlaşması). ATP Antlaşması 1976 yılında hayata geçmiştir ve ilk olarak

Avusturya, Almanya, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Portekiz ve İsviçre tarafından imzalanmıştır (Akşahin, 2014, s. 81). Günümüzde ise onlarca ülkenin taraf olduğu bir anlaşmadır. Türkiye de 10 Mayıs 2012 tarihinde Resmi Gazete’de yer alan ilanla bu antlaşmaya taraf olmuştur (tasimacilar.com, 2020).

ATP antlaşması, içerik olarak, gıda ve diğer bozulabilir tüketim maddelerinin tutulabileceği ve taşınabileceği en yüksek sıcaklıkları, taşıma için kullanılacak tüm araç, makine ve teçhizatın uyması gereken testleri ve bunların teyidi için gerekli sertifika mekanizmasını belirler. Gıda ve diğer tüketim maddelerinin konu olduğu tüm uluslararası ticaret faaliyetlerinde ATP Antlaşmasını imzalayan en az iki ülke yer alıyorsa antlaşma uygulanmak durumundadır (Sarısoy, 2011, s. 59). Dolayısıyla soğuk zincir lojistiği faaliyetlerinin, gıda ve diğer bozulabilir tüketim mallarının uluslararası ticaretinde yürütülmesi günümüzde pek çok ülke için elzem bir ihtiyaçtır. Soğuk zincir lojistiği faaliyetlerinin temel amacı ise, gıda ve bozulabilir tüketim maddelerinin, ticaret için gereken tüm fiziksel hareketleri esnasında gereken sıcaklık ve koşullarda tutulmasıdır. Bu amaca ulaşmak için gıda ve tüketim maddelerinin sıcaklık ve diğer şartlara uygun şekilde korunduğunu teyit etmek gerekir. Ayrıca, takip ve kontrollerin yapılabilmesi için, ortaya çıkabilecek tehlike ve risklerin öngörülerek, önlenmeleri amacıyla soğuk zincir lojistiği faaliyetleri sırasında süreç kontrol noktaları oluşturma anlayışı Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) sistemi olarak şekillenmiştir (Akşahin, 2014, s. 85). 1970’li yıllarda ABD’de resmi denetimlerde referans olarak kullanılmaya başlanan bu sistem 1990’lı yıllarda Avrupa’da da benimsenmiş ve 9 Haziran 1998 tarihli Resmi Gazete’de yer alan yönetmelikle Türkiye’de de HACCP sisteminin uygulanması kabul edilmiştir.

Soğuk zincir lojistiğinde oluşabilecek risklerden en önemlisi soğuk zincirin kırılması olarak da tanımlanabilecek, sıcaklığın olması gereken en üst düzeyden üste çıkmasıdır. ATP Antlaşması kabul edilebilecek en yüksek sıcaklık düzeyini belirlemekte, HACCP sistemi ise bu düzeyin korunmasını teyit için gerekli kontrol ve müdahale faaliyetlerini düzenlemekteydi. Ancak soğuk zincir lojistiğinde sıcaklığı belirli aralıklarla kontrol etmektense sürekli olarak izleyerek soğuk zincir kırılmadan pro-aktif olarak müdahale etmede, yeni teknolojilerin de gelişmesi ile son yıllarda büyük mesafe kat edilmiştir.

Genel olarak sıcaklık hassasiyetine sahip gıda ve tüketim maddelerinin uluslararası ticaretinde süreç aşamalarının takibi ve kaydının tutulması büyük öneme sahiptir. Bunun sebebi herhangi bir bozukluk olmasını önlemek ve eğer tüm çabalara rağmen bu mümkün olmazsa sebeplerini tespit ederek sorumlularını bulabilmenin mümkün kılınmasıdır (Óskarsdóttir ve Oddsson, 2019, s. 153). Aranan bu yetkinliğe kısaca izlenebilirlik (traceability) denmektedir. İzlenebilirlik kavramı, daha detaylı olarak takip (tracking), yani soğuk zincire konu olan gıda veya tüketim maddelerinin fiziksel akışının gerçek zamanlı izlenmesi ve iz sürme (tracing) soğuk zincirdeki ürünlerin tarihçeleri, konu oldukları her türlü uygulama ve mevcut konumlarının kayıtlı dokümanlara dayanarak ortaya konulması olarak iki açıdan ele alınmaktadır. Uluslararası ticarete tutulan kayıtların, fiziksel işlemlerin fazlalığı ve coğrafyanın genişliği düşünüldüğünde bu iki ayrımın da çok önemli olduğu ve yüksek teknoloji ile en yüksek performansla gerçekleştirilirse uluslararası ticaretin akışının çok daha rahat olabileceği ayırdına varılabilir (Dandage, Badia-Melis ve Ruiz-Garcia, 2017, s. 217).

ATP Antlaşmasının vurguladığı üzere sıcaklık hassasiyeti olan bozulabilir gıdaların kalite ve güvenilirliğini sağlamak için izlenmesi gereken en önemli etmen sıcaklıktır (Ruiz-Garcia ve Diğ., 2009, s. 4728). Sıcaklığın izlenebilmesi ile aynı zamanda sağlık skandallarının, iadelerin ve tazminatların önüne geçilmekte, müşteri tatmini ve sadakati yükselmektedir. Tüm bu faydaların sağlanabilmesi için soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticarete gerçek zamanlı izlenebilirliği sağlayan yüksek teknoloji ürünlerinden biri de nesnelerin internetidir (Internet of Things - IoT). Bu teknoloji bir sonraki bölümde daha detaylı incelenecektir.

3. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IoT)

Nesnelerin interneti terimi ilk defa 1999 yılında İngiliz girişimci Kevin Ashton tarafından kullanılmıştır (Rejeb, Keogh ve Treiblmaier, 2019, s. 3). Nesnelerin interneti ile belirli bir yapı içerisinde, birbirine web tabanlı iletişim odaklı bağlanmış öğelerin, herhangi bir zaman ve mekân

kısıtı olmadan haberleşme sağlayabilmesi hedeflenmektedir. Sadece fiziksel değil, aynı zamanda tamamen sanal öğeleri de içeren bir ağ yapısı gözetilmektedir. Bu yapı içerisinde birbiri ile haberleşen her öğenin kendine ait bir kimliğinin olması prensibi söz konusudur (Park, 2012, s. 1205). 5G teknolojisi ile veri transferinin hızlanması sayesinde nesnelerin internetinin gittikçe yaygınlaşması beklenmektedir. 2030 yılında internete bu ağ yapısıyla bağlı cihazların sayısının 500 milyara çıkacağı tahmin edilmektedir.

Nesnelerin interneti ile sıcaklık, hız, konum, rüzgâr hızı, basınç, titreşim, pH düzeyi, nem, havadaki toz oranı, elektrik akımı düzeyi gibi, pek çok, ortama özgü özellik ağ öğeleri arasında iletilir (Farooq ve Diğ., 2015, s. 2). Ayrıca toplanan verilere göre ağ içerisinde önceden planlanan bazı karar mekanizmalarının otomatik olarak uygulanması mümkün olabilir (Çeken ve Abdurahman, 2019, s. 90). En sıklıkla kullanılan IoT altyapı teknolojileri arasında telsiz sensör ağı (wireless sensor network-WSN), radyo frekans tanımlama (radio frequency identification-RFID) (Büyükkalaycı ve Karaca, 2019, s. 470), yakın saha iletişimi (near field communication-NFC), sıcaklık ve nem sensörleri, uzaktan kumandalı video gözetimi, Wi-Fi, bluetooth, bulut bilgi işlem gibi çeşitler mevcuttur.

Nesnelerin interneti ağının oluşması için kullanılan alt teknolojiler arasında yer alan RFID, etiket, okuyucu, anten ve mikroçip ile oluşturulur. Elektronik etiket ile radyo frekansı sinyalleri vasıtasıyla fiziksel ürünlerin verileri okuyucuya ve oradan da mikroçipe ve IoT ağının diğer unsurlarına iletilir. Nesnelerin kimlik, konum, üzerlerinde işlem yapanlar, kalite odaklı özellikleri (renk, uzunluk, erginlik gb.), ayrıca sıcaklık, aydınlık ve nem gibi, bulunulan ortama ait bilgiler bu tür algılayıcı cihazlar tarafından ölçümlenir. Bu ölçümlemenin doğruluğunu teyit için barkod okuyucu ve akıllı telefonlar gibi cihazların yardımı ile insanlar da görevlendirilebilir (Atzori, Iera ve Morabito, 2010, s. 2789). NFC’de ise 10 cm civarı bir mesafeden iki nesnenin iletişimi sağlanır. WSN de algılayıcı (sensor) ve ayrıca çalıştırıcıların (actuator) direkt olarak internete bağlanmasını sağlayabilen ağ yapılarıdır (Patel ve Patel, 2016, s. 6126).

Nesnelerin internetini oluşturan ağ yapısında, söz konusu olan tüm nesnelerin internet bağlantısının yapılarak kimlik bilgilerinin oluşturulması, bu nesnelerin yerinin ve durumlarının takip edilmesi ve yönetilmesi mümkün olmaktadır. Bu nesnelerin veri paylaşımı yapabilmesi içinse, ağ yapısına tanımlanmış olan RFID gibi algılayıcı aygıtlar, küresel konum belirleme sistemi (global positioning system-GPS) gibi teknolojilerden yararlanır. Bu sayede fiziksel koşullar hakkında, nesneler arasında, kullanıcılar arasında ve kullanıcılarla nesneler arasında gerçek zamanlı veri paylaşımı sağlayabilecek bir ağ oluşturulmuş olur (Wei ve Lv, 2019, s. 2).

IoT, büyük ve geniş bir coğrafyaya yayılmış olabilecek fiziksel nesneleri içerdiği ve bu nesnelerin de sürekli olarak birbirleri ile bağlantı halinde ve kontrol edilebilir olması gereken bir ağ yapısıdır. Bu yapının takip ve iz sürümünü yapacağı, nesnelerin bulunduğu fiziksel koşul ve çevre ile ilgili veriler, ilk olarak nesnelerin barındırdığı etiket (tag) ve/veya algılayıcılar (sensor) sayesinde tespit edilir. Bu işlemin yapıldığı IoT katmanına algılama katmanı (sensing/perception layer) denmektedir (Gokhale, Bhat ve Bhat, 2018, s. 43). Algılayıcıların ilettiği verilerin IoT ağı içinde kontrolleri yapılarak yine algılama katmanında yer alan işleticilere (actuator) gerekli komutların aktarılmasıyla IoT’de yer alan nesnelerin komuta edilmesi söz konusudur (El-Shweky ve Diğ., 2018, s. 625).

Bir IoT sisteminin tasarımı yapılırken birden fazla amaca hizmet etmesi mümkündür ve bu sebeple de farklı katman düzenlemeleri önerilmiştir. Tasarımda belirtilmesi gereken temel hususlar, IoT’ye dâhil edilen fiziksel nesnelerin şartname ve özellikleri, işlevsel kurulum ve organizasyon prensipleri, operasyonel prosedürler ve veri biçimleri gibi unsurlardır (Vashi ve Diğ., 2017, s. 493). IoT sistemi tasarımı yapılırken ağ iletişimi, tasarımın hizmet edeceği iş modelleri ve süreçler ile güvenlik ve gizlilik politikaları gözden geçirilir. Ayrıca sistemin kapsamı, ilerisi için olası genişleme ihtiyaçları ve IoT’nin içereceği farklı nesneler ile internet bağlantı protokol ve sistemlerinin müşterek bir şekilde çalıştırılabilmesi göz önünde bulundurulur (Gokhale, Bhat ve Bhat, 2018, s. 42).

En sık kullanılan IoT tasarım prensibinde nesnelerin internetinin üç katmanlı bir altyapısı bulunmaktadır: algılama katmanı, ağ katmanı ve uygulama katmanı. Bu üç katmanlı yapı en pratik

ve kolay uygulanabilir yapıyı teşkil etmektedir. Algılama katmanında, IoT sisteminde yer alan nesnelerin bulunduğu çevre ve ortamlarla ilgili hangi verilerin ne şekilde toplanacağı tasarlanır. Ağ katmanında ise algılama katmanında toplanan verilerin, IoT sistemine dâhil edilen nesnelerin internet bağlantıları sayesinde IoT'nin veri merkezlerine iletilmesi ve işlenmesi sağlanır. Uygulama katmanında ise IoT sisteminin farklı kullanıcılarının ihtiyaçlarına cevap verecek hizmetler yerine getirilir (Kumar ve Mallick, 2018, s. 113).

Her katman içinde ise, faydalanılan alt teknolojiler mevcuttur. Algılama katmanında sıcaklık, nem, basınç gibi fiziksel koşullarla ilgili veriler RFID, barkod okuyucu ve diğer sensör cihazları ile okunarak dijital veriye dönüştürülerek ağ yapısına aktarılır. Ağ katmanında ise bu veriler ilgili yerlere dağıtılır ve her ölçekte büyük veriyi taşıyabilecek bir ağ oluşturulur. Ayrıca toplanan veriler kullanılabilir bilgiye dönüştürülür. Ağ katmanını veri dağıtımı ve bilgi bütünlemesi katmanı olarak ikiye ayırmak da mümkündür. Uygulama katmanında ise kullanıcı ara yüzleri ve diğer akıllı uygulama odaklı sistemsel yapılar bulunur. Bu katman ile nesnelerin interneti aldığı verilerin getirdiği iş zekâsını hayata yansıtabilmektedir (Ma, 2011, s. 920).

Ölçümlere ait veriler öncelikle internet ağ geçidi veya bulut görevi gören makineler (cloud proxy machines), NFC, WSN ve RFID gibi yapılar vasıtasıyla gönderilir. Veriler ilk olarak bu aracı platformlarda toplanır. Bu hizmet sağlayıcılar genelde fiziksel olarak da sensör cihazlara yakındır. Aracılarda toplanan veriler ise, nesnelerin interneti ağına elektronik veri değişimi (EDI) gibi teknolojilerle aktarılır (Wolfert ve Diğ., 2010, s. 392). Daha sonrasında bu verilerden fiziksel nesnelerin sanal suretleri oluşturulur, ancak bu sanal nesneler ağ yapısında ihtiyaç duyulmayan verileri içermezler ve gerektirdiği şekilde ekstra veriler de içerebilirler (örneğin geleceğe dair yapılan tahminler gb.). Verilere erişimin ve veri güvenilirliğinin net bir şekilde ortaya konulmuş ve sağlanıyor olması gerekmektedir. Ayrıca, fiziksel nesnelerin sanal suretlerinin de sürekli olarak güncelleniyor olması ihtiyacı bulunmaktadır.

Ağ katmanında oluşturulan fiziksel nesnelerin sanal suretlerinin gelişmişlik özelliklerine göre, uygulama katmanında gerçekleştirilebilecek faaliyetlerin çeşitliliği de belirlenmektedir. Nesnelerin sanal suretlerinin basit bir gösterimden yapay zekâ destekli pro-aktif hareket edebilen yapılara uzanan sürümleri olabilir. Bu durumda uygulama katmanında gerçekleştirilen işlemler, basit raporlama faaliyetleri, problemlerin ortaya konulması ve analizinden, karar destek odaklı süreçlere uzanabilir. Raporlama faaliyetlerinde, verilerin toplanması, depolanması ve iletilmesi, problemlerin ortaya konulması faaliyetlerinde ise paydaşlara sıcaklığın yükselmekte olduğu veya benzeri sorunların iletilmesi ve planlanandan farklı bir gerçeklik oluşuyorsa bu farkların analiz edilerek paylaşımı yapılır. Karar destek odaklı süreçlerde ise insanlara karar verme aşamasında destek verme veya tamamen karar verme sürecini üstlenme söz konusudur (Meyer, Främling ve Holmström, 2009, s. 139).

3.1. Nesnelerin İnterneti Teknolojisinde Güncel Gelişmeler

IoT alanında geliştirilmeye çalışılan yeniliklerin odak noktalarından biri IoT sisteminin kullandığı enerji miktarında tasarruf yapılmasıdır. Enerji tüketiminin en önemli sebebi kablosuz bağlantı ihtiyacıdır. Bu bağlantı ihtiyacının azaltılması ile IoT nesnelerinin ömürlerini de uzatmak mümkündür. Bunun için başvurulacak yollardan biri nesnelerin topladıkları verilerin birleştirilerek ana ağa daha az mesaj gönderimi sağlanmasıdır. Bu bağlamda algılama katmanında elde edilen verilerin amaca göre ayıklanması ve kaynaştırılması (data fusion) sağlanır. Çıkarım yöntemleri, algoritmalar veya uygulamalara başvurularak yapılabilir. Bu sayede ağ katmanına gönderilecek verilerin daha az enerji sarf ederek gönderimi mümkün olur. Veri kaynaştırılması, bütünlüğü (sıcaklık, nem ve diğer ölçümlerin hava tahmini odaklı kaynaştırılması gb.), rekabetçi (aynı ölçümü birden fazla cihaza yaptırarak sonrasında daha güvenilir bulunan sonuca göre hareket edilmesi) ve işbirlikçi (bir odadaki sosyal ortamın ışık, hareket ve ses verileri ile ölçülmesi gb.) bir çerçeve ile yapılabilir (Younan ve Diğ., 2020, s. 8). Yapay zekâ ile elde edilen verilerin toplanması ve gereksiz kısımların ayıklanması yapılabilmektedir. Ağa iletilmesi gerekli olan verilerin ayrımını ve mesajların birleşimini yapabilmek için kendi kendini yöneten IoT sistem tasarımı örnekleri geliştirilmiştir (Weyns, Ramachandran ve Singh, 2018, ss. 6-13).

Veri aktarım ve işlemede verimlilik sağlamak ve ayrıca anlık müdahalelerin çok hayati olabileceği durumlarda faydalı olabilmesi için, ağ geçitlerinde toplanan ham verilerin ön işleminden geçirilmesi ve ihtiyaç halinde ani karar alınmasını sağlayan veya bulut bilişime gerekenden fazla depolama ve işlem yaptırılmasını önlemeye yarayan sis bilişim (fog computing) teknolojisi hayata geçirilmiştir (Younan ve Diğ., 2020, s. 8). Sis bilişim teknolojisi aynı zamanda veri güvenliği ile ilgili de bir kontrol mekanizması görevi yapabilir. Robotların sağlık ve diğer alanlardaki çeşitli hizmetlerde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Ancak gerek robotlar ile toplanan veriler gerekse robotlara iletilen komutların kötü niyetli kişilerin eline geçmemesi için bulutla direkt iletişim kurmaları yerine sis bilişim mekanizması ile bağlantılı olmaları önem taşımaktadır (Song ve Diğ., 2019, s. 25).

IoT ağının güvenliğinin sağlanması da ağa bağlanan nesnelerin sayısında artış görüldükçe önem kazanmaya başlayan bir konudur. Hollanda, Birleşik Krallık ve Avustralya gibi ülkelerde IoT nesneleri için güvenlik sertifikasyonu sağlama ve böylelikle tüketicilerin sertifikalı ürünlere yönlendirilerek IoT ağının güvenliğinin artırılması uygulamalarına başlamıştır (Badran, 2019, ss. 133-135). IoT ağına yapılan güvenlik saldırılarının mümkün olduğunca çabuk tespit edilebilmesi özellikle sağlık alanındaki uygulamalarda hastalara ait verilerin güvenlik saldırılarına maruz kalmasının olası sonuçları açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu konuda yapay zekânın IoT ile beraber kullanılarak ağa bağlanan nesnelerin ve davranışlarının takip edilmesi şeklinde çözümler ortaya konmuştur. Ayrıca âdem-i merkeziyetçi, dağıtılmış, paylaşılabilir ama değiştirilemez bir veri tabanı defteri olan blok zincir yapısı ile veri tabanına erişimi olan tüm ağ üyelerinin gerçekleştirilen işlemlerin tarihçesine, şifreleme (cryptography) bilimi sayesinde güvenilir bir şekilde erişmesi sağlanabilmektedir (Khan ve Salah, 2018, s. 405).

IoT sistemi kameralar vasıtasıyla hastaların gözlenmesi ve alarm oluşturabilecek durumların tespit edilmesi için kullanılabilir (Khan ve Diğ., 2020, s. 15747). Ancak görsel ve diğer çoklu medya verilerinin güvenlik açıklarına maruz kalması büyük sıkıntı yaratabilecek bir durumdur. Hususi olarak video, fotoğraf, ses kaydı gibi formatlardaki büyük verilerin IoT ağına iletilmesi, işlenmesi, analizi, güvenliği ve raporlanması konusu da üzerinde daha çok çalışılmaya başlanmış bir konu başlığıdır. Bu tür verilerin özellikle boyutlarının büyüklüğü IoT ağında yüksek enerji sarf edilmesine sebep olmaktadır. IoT ağının işletilmesinde enerji tasarrufu yapılması da yine çok önemli bir husus olduğu için çoklu medya verilerinin işlenmesi bu bağlamda da önem kazanmıştır (Kumar, Kumar ve Ashok, 2019, ss. 45-52).

IoT ile toplanan büyük verinin işletimini yapabilmek için gerek duyulan bulut bilişim alanındaki son yeniliklerden birisi Microsoft tarafından geliştirilen “Azure IoT Edge” platformudur. Bu platform sayesinde bulut bilişim tarafından sağlanan hizmetlerden buluta bağlanmadan da faydalanılabilmektedir. Diğer bir bulut hizmeti yeniliği de Google tarafından geliştirilmekte olan “Google Home” uygulamasıdır, akıllı ev aletleri ve diğer akıllı ev sistemlerini bulutta bir bütün olarak birleştirebilmeyi hedeflemektedir (James, 2019). Ayrıca Windows veya iOS haricinde, IoT sistemlerini genel anlamda yönetecek ayrı bir işletim sistemi konusunda da çalışmalar sürmektedir (James, 2019).

IoT için yeni kullanım alanları yaratma veya mevcut hizmetlerin içerik ve kapsamını genişletme odaklı yeniliklere bakıldığında ise tarım, yaşam alanları yönetimi, çevrecilik, sağlık ve endüstri alanlarındaki gelişmeler göze çarpmaktadır. Tarım alanında akıllı ve bulut bilişime bağlı traktör teknolojisi de geliştirilmeye başlanmıştır. Bu teknoloji ile tohum atılması esnasında aynı alana tekrar atım yapılması önlenir, spreyleme yapıldığında veya zararlı otların sökümünde isabet oranını artırılabilir. Işık ve sıcaklık ölçen algılayıcılarla donatılmış drone kullanımı ile de toprak ve tarlanın analizi, insanların erişemediği yerlerde de ekim yapılması, ekinlerin takibi ve sulaması, alan kullanımı tespiti yapılarak boş kalan dikim alanlarının belirlenmesi mümkün olmuştur. Spreyleme, hastalık ve haşerelerle ilgili kontroller yapılması artmaya başlamıştır (Ayaz ve Diğ., 2019, ss. 17-20). Bu hizmetler için ayrıca WSN gibi teknolojilerin de kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Yakın zamandaki Türkiye örneklerinden birisi de Vodafone Business’ın Dijital Tarım İstasyonu çözümüdür. Bu IoT çözümü sayesinde İzmir Kemalpaşa bölgesindeki çiftçiler IoT sisteminin ilaçlama zamanlarını optimize etmesiyle yıllık ilaçlama sayısını altıdan üçe düşürmeyi

başarmışlar, böylelikle hem maliyetleri düşürmüş hem de kaliteyi arttırmışlardır (hurriyet.com.tr, 3 Nisan 2020).

Yaşam alanlarının IoT ile yönetiminde özellikle insanlar tarafından giyilebilen akıllı saat ve bileklik gibi cihazlarla bütünleşik olarak tasarlanmış ev içi akıllı ürünleri de barındıran IoT ekosistem ürün yelpazeleri teknoloji şirketleri tarafından piyasaya sürülmeye başlanmıştır (hurriyet.com.tr, 5 Mayıs 2020). Örneğin İstanbul Havalimanında mekânların hava kalitesine dair verilerin IoT ile tespit edilip, yapay zekâ sayesinde olmaları gereken değerler belirlenip sisteme gerekli komutlar verilmektedir (Şengül ve Diğ., 2018, s. 331). Binaların dünyada üretilen enerjinin %40'ını tüketen yapılar olması ve dolayısıyla bina içindeki hava koşullarıyla ilgili enerji tasarrufu odaklı olma gerekliliği, küresel ısınma nedeniyle bina içlerindeki havanın kullanıcıların istediği koşullarda olması için daha çok enerji sarf edilmesi ihtiyacı ile karşılaştığında, mümkün olduğunca optimum çözümler elde edilmesi için IoT ile sürekli veri toplanması ve bu verilerin gerekli algoritmalarda değerlendirilerek enerji harcamalarının minimize edilmesi önemli bir konu başlığı haline gelmiştir (Ngarambe, Yun ve Santamouris, 2020, s. 1).

Çevre odaklı IoT stratejileri de 2019'un sonlarına doğru yaygınlaşmaya başlamıştır. Örneğin Siemens, IoT alanında müşteri isteklerinin üretkenlik, esneklik ve hizmet hızı kadar, sürdürülebilirlik ilkesini de vurguladığının altını çizmiş ve bu ilkeye dair vaka çalışmaları olarak enerji ve temiz su tüketimini önemli ölçüde azaltan projelerinden örnekler açıklamıştır (Lueth, 2020). IoT'nin çevre odaklı kamusal çözümleri arasında ise su sızıntıları ve çevre kirliliğinin tespiti sayılabilir (Göçoğlu, 2020, s. 624). Atıkların toplanması ile ilgili vardiya programlarının hava tahminleri doğrultusunda yeniden düzenlenmesiyle yoğun kar yağışı olacağı zaman yapılacak değişiklikler önceden vatandaşlara haber verilerek gereksiz atık yığınlarının önüne geçilen şehircilik uygulamaları artmaktadır (Fejzo, 2019, ss. 12-15). Ayrıca hava koşulları ile ilgili verilerin düzenli olarak toplanıp sel ve benzeri felaketlerin tahmin edilmesi için de çalışmalar bulunmaktadır (Balamurugan ve Manojkumar, 2019, s. 208).

Sağlık alanında ise giyilebilen ve IoT'ye bağlanabilen akıllı cihazlar sayesinde kan basıncı ve kalp atış hızı gibi veriler ilgili sağlık kurumlarına otomatik olarak iletilebilir ve ambulans çağırma gibi acil durum hizmetleri yalnız yaşayan insanlar için hayat kurtarıcı olabilir. İlaç dozunu otomatik olarak ayarlayabilen ve hatta ilaç saati geldiğinde gerekli uyarıyı yapabilen akıllı cihazlar ve bu donanımına sahip, fiziksel olarak da hastalara destek olabilen robotlar sayesinde sağlık kurumlarının IoT ile hastaların evdeki bakımını da koordine etmesi mümkün olmuştur (Pepito, Locsin ve Constantino, 2019, ss. 447-450). Ayrıca son yıllarda drone'lar yardımı ile kazazedelerin arama kurtarma ve durum değerlendirme çalışmaları yapılmaya başlanmıştır (hurriyet.com.tr, 16 Nisan 2020). Koronavirüs salgınında ise akıllı ses tarama sistemleri ile hasta ve risk gruplarında olan kişiler için durum tespiti yapılmaya başlanmıştır (hurriyet.com.tr, 7 Mayıs 2020).

IoT'nin endüstriyel alanda kullanımındaki en büyük faydalardan birisi de, robotlar yardımıyla yapılan üretimin merkezi olmayan şekilde yönetilmesini sağlamaktır. Örneğin kaynakla yapılan montaj işlemleri ve diğer hassas üretim faaliyetlerinde birden fazla robot içeren IoT destekli hücresel üretim tasarımları ortaya koyulmuştur (Lund, 2019, s. 30).

3.2. IoT'nin Uluslararası Ticaretin Paydaşlarına Katkısı

Uluslararası ticaretin ana paydaşları işletmeler, finans kurumları, işgücü ve tüketiciler olarak belirtilebilir (Zhengling, 2004, s. 494). Küresel tedarik zinciri açısından daha detaylı ele alınacak olursa, uluslararası ticaretin ana paydaşları arasında: hammadde tedarikçileri, hammadde üzerinde temel işlemleri gerçekleştiren imalatçılar, diğer katma değerli işlemleri gerçekleştiren üreticiler, dağıtım, taşıma ve depolama faaliyetlerini gerçekleştiren lojistik firmaları, toptancı ve perakendeciler, tüketiciler, işgücü, tüm sürecin koordinasyonu için kanun, prosedür ve program oluşturan kamu ve özel kurum ve kuruluşları ile sürecin yürütülmesini sağlayan finansal kaynakları temin eden finans kurum ve kuruluşlarını sayabiliriz (Dani, 2015, ss. 9-10). IoT tüm bu paydaşların çok çeşitli işlemlerine destek ve ihtiyaçlarına cevap verebilir.

Hammadde Tedarikçileri: Gerek tarım ve hayvancılık, gerekse diğer sektörlerde bütün hammadde üretim işlemlerinin IoT ile takip edilmesi ve kaydının tutulması ile bu tedarikçiler daha kolay sertifikasyon alabilirler ve böylelikle ihracat avantajı elde edebilirler. Bir hayvanın doğumundan gıda olarak tüketimine kadar olan tüm aşamaları IoT ile tüketicilere sunmak mümkündür. Ayrıca tarım ve ziraat gibi, üretimin uzun zaman aldığı ve bu esnada ürünün çeşitli hastalık, kötü çevre ve hava koşulları gibi etkenlere maruz kalabileceği sektörlerde bu risklere dair kontrollerin sadece işgücü ile değil, WSN gibi teknolojiler ve IoT ile yapılmasıyla, oluşan riskler erken fark edilerek ilaçlama ve benzeri önlemlerle kayıpların önüne geçilebilir (Velásquez ve Diğ., 2020, s. 7).

Hammadde Üzerinde Temel İşlemleri Gerçekleştiren İmalatçılar: IoT ile faaliyetlerin takibi ve kaydı tutularak kalite standardı ve benzeri sertifikasyonlar daha kolay edinilebilir.

Diğer Katma Değerli İşlemleri Gerçekleştiren Üretici, İşlemciler, Pazarlamacılar ve Hizmet Sağlayıcılar: Artırmalı satış merkezlerinde (Auction Logistics Center), tedarikçilerden ara depoya aktarılan ürünlerin hızlı bir şekilde önce ayrıştırılıp sonrasında satışa hazırlanmak için yeniden düzenlenmesi, satıştan sonra ise gönderime hazırlanması gerekir. Tüm takip işlemlerinin IoT sistemine dâhil algılayıcılarla hızlı bir şekilde yapılması hem satış düzeneğinin kurulumu hem de fiyatlandırma açısından kolaylık sağlamaktadır. IoT kullanımının bulut bilişim ile beraber bu merkezlerde daha da yaygınlaşması ile mevsimsel yoğunluklarda hatalar azaltılabilir ve verimlilik sağlanabilir (Kong ve Diğ., 2018, s. 1675). Satış sonrası hizmetlerde ürünün tüm menşei bilgilerinin RFID sayesinde garanti ve tüketici haklarının korunması ile ilgili ofislere iletilmesi işlemlerin daha sağlıklı yürütülmesini sağlayacaktır.

Dağıtım, Taşıma ve Depolama Faaliyetlerini Gerçekleştiren Lojistik Firmaları: Taşıma faaliyetleri esnasında RFID, sıcaklık algılayıcı, GPS gibi teknolojilerle tüm teslimat ve ulaşımın sağlıklı yapıp yapılmadığı tespit edilebilir. Lojistik firmalarının taşıma ağı genişledikçe, dağıtım faaliyetlerinin müşterilerin kısıtlarını sağlayacak şekilde minimum maliyetle düzenlenebilmesi için optimizasyon teknolojilerine başvurulması gerekir. Dinamik bir şekilde, faaliyetler öncesinde ve koşullar geliştikçe faaliyetler esnasında optimizasyon yapabilmek için IoT, Büyük Veri ve Yapay Zeka teknolojilerinin bir arada kullanılması ihtiyaçlara cevap verecektir (Wei ve Diğ., 2019, ss. 288-289).

Toptancı ve Perakendeciler: RFID, WSN gibi teknolojilerle, ürün ve yedek parça gibi materyallerle ilgili, çeşit, miktar, kalite düzeyi, müşteri, depolama konumu ve diğer detaylar karar mercileri ile şeffaf bir şekilde paylaşılabilir ve kamçı etkisi azaltılabilir. Ayrıca hırsızlık ve benzeri sebeplerden ürün kaybının önüne geçilebilir, alan kullanımı ve maliyetler minimize edilebilir (Cui, 2018, ss. 156-157).

Tüketiciler: Tüketicilerin akıllı telefonlar ve barkod okuyucuları sayesinde aradıkları ürünü mağaza içinde çabuk tespit edebilmeleri ve RFID etiketleri sayesinde alınan ürünlerin toplam fiyatının otomatik olarak kasada görünmesi sağlanabilir.

İşgücü: IoT ve yapay zekânın beraber kullanımı sayesinde tehlikeli veya virüs ve benzeri risklere maruz kalabilecek maddelerin uluslararası ticareti ve küresel tedarik zinciri faaliyetlerinde robotların destekleyici kullanımı mümkün olabilir, bu sayede insan sağlığına olan risklerin azalması sağlanır (Cui, 2018, s. 160).

Tüm Sürecin Koordinasyonu için Kanun, Prosedür ve Program Oluşturan Kamu ve Özel Kurum ve Kuruluşlar: IoT ile tüm takip ve kayıt tutma işlemleri yapıp raporlar oluşturulabilir. Örneğin Avrupa Birliği ülkelerinde tüm gıda ve gıdaya dâhil edilecek materyalleri üreten firmaların gıda tedarik takip sistemi olması ve resmi kurum, tedarikçileri ve müşterilerine istenildiğinde raporlama yapması zorunludur (Avrupa Birliği, 2002). Gıda tedarik zincirlerinin büyük boyutta küreselleşmesi sebebiyle gıda vasıtasıyla yayılabilen bir salgının küresel boyuta ulaşması çok kısa zamanda gerçekleşebilir. Bunun önüne geçebilmek için gıda ihracatı yapan ülkelerin uluslararası ticaret faaliyetlerinin IoT ile takip ve kontrolünün yapılması büyük fayda sağlayacaktır (Magalhães ve Diğ., 2019, s. 3363).

Sürecin Yürütülmesini Sağlayan Finansal Kaynakları Temin Eden Finans Kurum ve Kuruluşları: Ürünlerin ülkeler arası geçişleri ve gümrük ve benzeri kontrollerde elde edilen bulguların IoT ile daha kolay belgelenebilmesi sayesinde bu kurumların kredilendirme, ödeme ve diğer finansal işlemleri daha hızlı ve yüksek güvence altında gerçekleştirilebilir.

Nesnelerin internetinin, nesnelerin sanal ortamdaki sürümlerini yarattığını düşünürsek ve bu sanal nesnelerin pek çok kurum ve kullanıcı tarafından farklı amaçlar için kullanılması söz konusu olduğundan, farklı kurum ve kuruluşların bilgi işletim sistemleri arasında belirli bir düzeyde bir uyum sağlanıyor olması gerekliliği önem taşımaktadır. Bu teknolojinin soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticarete yarattığı gelişmeler ve kullanım alanları sonraki bölümde incelenecektir.

4. Soğuk Zincir Lojistiği Gerektiren Uluslararası Ticarete Nesnelerin İnternetinin Kullanımı

Soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticaretin ana paydaşları için IoT'nin değişik kullanım ve faydaları bulunmaktadır. Uluslararası ticaret ve buna dayalı küresel tedarik zinciri yönetiminde soğuk zincir lojistiğinin yönetmeye çalıştığı süreç adımları arasında, bir sürecin çıktısının bir sonraki sürecin girdisi konumunda olmasından kaynaklanan koordinasyon açısından zorluklar bulunmaktadır. Ancak nesnelerin interneti sayesinde, uluslararası ticaretin yönetimi için, gerçekleşen ürün akışına fiziksel olarak yakın veya içinde olma zorunluluğu ortadan kalkmıştır. Bir başka deyişle kontrol ve koordinasyon işlevini yerine getiren oluşumlar ile fiziksel idare ve gözlem işlevini yerine getiren unsurlar artık aynı olmak zorunda değildir (Verdouw, Beulens ve Van Der Vorst, 2013, s. 165). Örneğin soğuk hava konteynerleri ile ülkeden ülkeye taşınan soğuk zincir ürünlerinin sıcaklık ve nem oranının WSN ve bulut bilişim teknolojileri ile anlık izlenebilmesi ve gerekli önleyici müdahalelerin yapılması mümkündür (Tang, 2019, s. 67). Dünya genelindeki gemilerde 380.000'den fazla konteyner IoT platformlarına dâhil edilmiş bulunmaktadır (Lueth, 2020).

Nesnelerin internetinin soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticarete takip, denetleme ve izlenebilirlik için kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla beraber nesnelerin internetinin diğer yeni ve en çağdaş teknolojilerle birlikte, daha üstün bir lojistik sistemi yaratmak için kullanılması bu alandaki bir sonraki adımı oluşturacaktır. Bu perspektifte, nesnelerin internetinin blok zincirleri, büyük veri ve yapay zekâ sistemleri ile bütünleşik kullanımının örnekleri yeni yeni ortaya çıkmaya başlamıştır. Nesnelerin internetinin bulut yapısı üzerine kurulması diğer yeni teknolojilerle beraber işletilmesini de mümkün kılabilir (Verdouw ve Diğ., 2018, s. 756).

Soğuk zincir lojistiği esnasında nesnelerin internetinin algılama katmanında gıda ve bozulabilir tüketim maddelerinin, başta sıcaklık ve nem olmak üzere içinde bulundukları koşullar tespit edilir, tanımlanır ve izlenir. Bunun için RFID ve WSN benzeri teknolojiler kullanılır. Soğuk zincir lojistiğinde algılama katmanında sıcaklığın yanında nem ölçümü de, nemli ortamlar bakterilerin üremesini kolaylaştırdığı için, önemlidir. Bu katmanda ayrıca, sıcaklık kontrollü araçlardan ürün indirimi veya araçlara ürün yükleme yapılırken aracın kapısının uzun süre açık kalması sıcaklığın yükselmesine sebep olacağı için araç kapılarında da uyarıcı sensör kullanılmaktadır.

Ağ katmanında ise toplanan veriler hatasız ve güvenli bir şekilde ağdaki diğer öğelerle paylaşılır. GPS ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (geographic information systems-GIS) gibi teknolojilerle taşıma esnasında ürünlerin bulunduğu konum ve ortamın gerçek zamanlı profili çıkartılmış olur. Uygulama katmanında ise toplanan ve işlenen veriler kullanıcı ve ağ öğelerinin tercihlerine uygun şekilde metin ya da video gibi farklı formatlara dönüştürülür (Wei ve Lv, 2019, s. 3). Dolayısıyla uygulama katmanını iki alt katmana ayırmak mümkündür. Veri yönetimi alt katmanında karmaşık ve belirsizlik içeren verilerin denetlenip, düzenlenip, tekrar anlamlı bir şekilde bir araya getirilmesi gerçekleşir. Uygulama hizmeti alt katmanında ise yeniden düzenlenen verilerin kullanıcılara uygun içeriklere dönüştürülmesi yapılmaktadır (Pachayappan, Rajesh ve Saravanan, 2016, s. 32). Nesnelerin internetinin soğuk zincirde kullanımı ile sıcaklık ve nem verilerinde istenmeyen bir durum gözlenirse müdahale için alarm verilmesi sağlanabilir. GPS ve GIS ile araçların konumu ve konumun o anki özelliklerine göre takip edilecek rotaların yapay zekâ

algoritmaları sayesinde gerçek zamanlı olarak belirlenerek gıda güvenliği ve enerji tasarrufunun da sağlanması mümkündür (Li ve Ji, 2010, s. 82).

Yukarıda belirtilen, soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticarete IoT'nin kullanım örnekleri bu faaliyetlerde yer alan çeşitli firmaların ve ayrıca tüm sürecin maliyetlerini düşürmede ve verimlerini arttırmada faydalı olmaktadır. Bununla beraber IoT'nin yarattığı potansiyelin diğer paydaşlar açısından da önemi büyüktür. Soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticarete yerel bir dağıtım ağının gerektirdiklerinden daha karmaşık sorumluluklar ve sistem gereklilikleri bulunur. Bu gereklilikler kısaca:

- Şeffaflık, dolayısıyla süreçlerden tüm paydaşların haberdar edilebiliyor olması (Hackius ve Petersen, 2017, s. 4);
- İzlenebilirlik, yukarıda da açıklandığı üzere fiziksel ürün akışının takip edilebiliyor olması (Zhang ve Kraisintu, 2011, s. 8);
- Hesap verebilirlik ve yükümlülük, yani alıcıya depolama, ulaşım, sigortalama, gümrük, denetim, yönetim, paketleme, stok ve sipariş yönetimi ile diğer katma değerli faaliyetlerle ilgili hesap verebilme, bu sayede herhangi bir durumda sorumluyu tespit edebilme becerisidir (Kaynak ve Avcı, 2014, s. 732).

Özellikle hesap verebilirlik ve yükümlülük açısından, devlet ve diğer kanun, prosedür ve program oluşturan ve denetleyen paydaşlar için IoT önemli bir avantaj sağlamaktadır. Nesnelerin interneti ağ yapısı oluşturulmadan önce de RFID, GPS ve benzeri teknolojiler vardı. Ancak bir tedarik zinciri içinde yer alan her aşamada, bu teknolojiler firmaların kendi bünyeleri içinde kullanılıyor ve tedarik zincirinin farklı aşamalarında kullanılan ekipmanlar ve onların topladıkları verilerin birbirleri ile paylaşımı mümkün olmuyordu. Bu durumda da tedarik zinciri ve buna bağlı ticaretin süreç adımlarının takibi her adımdan sonra metinsel ve rakamsal raporlamalar ile olmaktaydı. Gerçek zamanlı izleme mümkün değildi. Uluslararası bir ticaret faaliyetinde farklı ülkelerde dil farklılığı, hatta ölçüm birimlerinin bile farklı olabilmesinden dolayı soğuk zincir lojistiğinde izlenebilirliği sağlamak oldukça güçtü. Ancak nesnelerin interneti sayesinde farklı ülkelerde yer alan ekipmanların ham veri üzerinden bilgi alışverişinde bulunması ve bu verilerin de otomatik olarak işlenip farklı kullanıcılara uygun içerik oluşturulabilmesi uluslararası ticarete soğuk zincir lojistiğinin gerçek zamanlı izlenebilirliğini mümkün kılmıştır. Nesnelerin internetinin uluslararası ticarete getirdiği bu kolaylık soğuk zincirin kırılmasından kaynaklı bozulmaları ve israfı azaltacak, ilaç ve tıbbi malzeme gibi ürünler için sahte ürün dolaşımını engelleyebilecek ve böylece uluslararası ticaretin güvenilirliğini arttıracaktır (Doyduk ve Tiftik, 2017, s. 137).

Nesnelerin interneti, sağladığı izlenebilirlik özelliği ile blok zincir ağına veya büyük verinin bulunduğu bulut ve diğer platformlara veri beslemesi yaparak şeffaflık ve beklenmedik durumlarda, planlanmış faaliyetlerde yeniden düzeltici optimizasyon yapılmasını sağlayabilir. Ayrıca hukuki bir anlaşmazlık olduğunda meselenin çözülmesi için nesnelerin internetine bağlı sensör cihazlarından direkt kanıt sağlanabilir veya arabuluculara veriler aktarılabilir. Uluslararası ticarete hukuki anlaşmazlık yaşanması ihtimali, risklerin fazlalığından dolayı daha fazla olduğu için nesnelerin internetinin kullanımı bir kat daha faydalı olacaktır (Arumugam ve Diğ., 2018, s. 3).

Çok önemli bir diğer paydaş olan işgücü de soğuk zincir lojistiği esnasında soğuk hava koşulları altında çalışmak mecburiyetindedir. Bununla ilgili çeşitli standartlar geliştirilmiştir (ISO 11079 gb.), ancak kişiye özgü yaş, cinsiyet, sağlık durumu gibi faktörlerin de gerçek zamanlı izlenerek mesleki standartlar nezdinde değerlendirilmesi en sağlıklı çalışma koşullarını yaratacaktır. Çalışanlara giydirilebilen veya üzerlerine takılabilen algılayıcı cihazlar sayesinde toplanan kişisel verilerin yapay zekâ (bulanık mantık) algoritmaları ile değerlendirilip meslek hastalığı riski gerçek zamanlı olarak hesaplanarak kişiye özel önlem alınması sağlanmıştır. Dolayısıyla IoT diğer bir paydaş olan işgücü için de çok önemli bir avantajdır (Tsang ve Diğ., 2018, s. 1434).

Nesnelerin interneti sayesinde fiziksel sisteme ait ölçümler sanal bir unsura dönüştürülerek analiz için hazırlanır. Bu hazırlıkta sistemin amaçları ve kontrol gerekleri için ihtiyaç duyulmayan verilerin ayıklanması ve ayrıca analiz sonucu ortaya çıkan yeni verilerin de eklenmesi mümkün

olabilir (Örneğin sistemin gelecekte içinde bulunacağı durumu öngörebilmek için simülasyon (benzetim) yapılmasından doğan tahminler veri kümesine eklenebilir.). Bu yenilenmiş veri kümesine dayanarak da karar mekanizmaları tarafından sisteme bir müdahale gerekip gerekmediğine karar verilir. Geleceğe dair tahminlerin yapılması, uluslararası ticarette sonraki adımlarda ortaya çıkabilecek problemlerin öngörülerek, bunlarla ilgili, ticaretin önceki aşamalarında önlemler alınmasını sağlayabilir (Verdouw, Beulens ve Van Der Vorst, 2013, s. 165).

Gıda ve tüketim maddelerinin uluslararası ticaretinde üretim noktasından son kullanıcıya kadar olan işlemler karmaşıktır ve gıda güvencesi ve kalite standartları kriterleri de gittikçe katılaşmaktadır. Böyle bir ortamda üretimin belirtilen standartlara göre yapılacak şekilde organize edilmesi, gün geçtikçe değişen tüketici tercihlerine uyum sağlanacak şekilde düzenlemelerin dinamik bir şekilde gerçekleştirilmesi, tüm bunları yaparken de maliyetlerin mümkün olduğunca düşük tutulması gerekmektedir. Soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticarette sistem kendi içinde ne kadar başarılı bir şekilde organize edilmiş olursa olsun, küreselleşme sebebiyle ortaya çıkan rekabet ortamında tüketiciler tükettikleri gıdalar ve diğer ürünler hakkında daha çok ve tarafsız bir kaynaktan edinilen bilgilere erişmek istemektedirler. Bu imkânın sağlanması o ürünlere olan talebi arttıracak için ticaret hacmini de yükseltecektir.

Üretim ve/veya tarım aşamasından itibaren ürünlere takılacak RFID etiketlerinde bulunan verilerin, nesnelerin interneti sayesinde farklı kullanıcılara erişebilmesi mümkündür. Eğer, RFID etiketlerinde, üretimde kullanılan hammaddelerin temin edilmesi, üretim, dağıtım ve pazarlama aşamalarında ürün üzerinde gerçekleştirilen işlemler ve benzeri tüm bilgiler işlenmişse, bu bilgilerin tüketicilere, talep etmeleri halinde satın alma aşamasında iletilmesi de mümkündür. Daha tarlada iken bitkilere yapılan aşılar, ilaçlamalar ve tüm diğer işlemlere dahi bu şekilde tüketicilerin ulaşması sağlanmaktadır. Bu sayede, tüketiciler bir başka ülkeden gelen ve farklı kurum, gümrük ve devlet ofisleri tarafından işlem görmüş bir ürün hakkında tüm bilgilere, herhangi bir kurumun bakış açısına göre kısıtlanmadan sahip olabilmekte, daha bilinçli tercih yapabilmekte ve satın aldıkları ürüne daha fazla güven duyabilmektedirler (Zhou ve Zhou, 2012, s. 260). Örneğin Walmart Çin’de PricewaterhouseCoopers (PwC) ve VeChain ile Haziran 2019’da, Walmart Çin Blokzincir İzlenebilirlik Platformu’nu kurmak için ortaklık yaptığını duyurmuştur. VeChain blokzincir platformu RFID odaklı IoT teknolojisi ile birleştirilecek, veriler küresel tedarik zincirinin tüm paydaşlarına açık olacak ve tüketicilerin mobil cihazları ile tüm ürünlerin tedarik zinciri aşamalarını ve denetim raporlarını satın almadan önce görebilmeleri sağlanacaktır (Forkast.News, 2020).

Nesnelerin internetinin, uluslararası ticarette, mevcut faaliyetlerin performansını artırması, bazı problemleri ortaya çıkmadan engelleyebilmesi, soğuk zincirde izlenebilirlik özelliğini güçlendirmesinin yanında bazı riskler ve gelecekte daha da belirgin olarak hissedilecek bazı hususlar doğurduğunu da belirtmek gerekmektedir. Bu hususlardan ilki hiçbir sınır gözetmeden veri aktarımı oluşturmastır. Bir başka deyişle uluslararası ticarete destek olacak ve onu geleceğe taşıyacak bir teknoloji olarak kendisi de uluslararası veri ticaretine yol açmaktadır. Sınırlar gözetilmeden erişilen bu veriler için gizlilik ve güvenlik endişeleri doğabilir ve bu endişeler hukuki sorunlara dönüşebilir. Şöyle ki, nesnelerin internetine bağlı olan nesnelerin gönderdikleri veriler algılama katmanında farklı bir ülkede bulunan paylaşımcı bilgisayar ağına (server) gönderiliyor olabilir, bu paylaşımcı bilgisayar ağı da ağ katmanında olan ve bir başka ülkede yer alan kendisi gibi başka bir paylaşımcı bilgisayar ağı ile sekronize olarak veri analizi yapıyor ve yine farklı bir ülkede yer alan kullanıcı ara yüzlerine raporlama yapıyor olabilir (Chander, 2015, s. 3). Bu durumda bu verilerin aktarılması ile ilgili çeşitli ülkelerden hukuki bariyerler koyulması söz konusu olursa, bu uygulama bir tür veri odaklı gümrük sınırlamasını ortaya çıkarabilir.

Veri paylaşımı, veri erişimi ve kullanımı ile ilgili uluslararası ticaretteki mevcut düzenlemelere, nesnelerin interneti ve benzeri yüksek teknolojilerle yapılan veri paylaşımlarına özgü kapsamlı düzenlemeler getirilmesinin gelecekte daha da hissedilir bir ihtiyaç olması öngörülmektedir. Örneğin 2014 yılında Çin hükümeti bakanlık ve ulusal kuruluşlarda Apple iPad ve MacBook’larının kullanımını yasaklamıştır (Clover, 2014). Nesnelerin internetinin uluslararası ticarette kullanımında veri güvenliği ve gizliliği ile ilgili risklerin, gittikçe uygulama örnekleri

artan, nesnelerin internetinin yapay zekâ gibi diğer teknolojilerle beraber kullanımında, eğer bilgisayar korsanları tarafından ağı kontrolü ele geçirilecek olursa daha büyük boyutta yaşanma ihtimali de ortaya çıkabilir.

5. Sonuç

Bu çalışmada soğuk zincir lojistiğinin gıda ve tüketim maddeleri içeren uluslararası ticaret faaliyetleri açısından taşıdığı önem belirtilmiş, nesnelerin interneti teknolojisinin, soğuk zincir lojistiğinin ve dolayısıyla uluslararası ticaretin performansına yapacağı katkı anlatılmıştır. Soğuk zincir lojistiğinde en önemli faktörler ürünler için geçerli olan sıcaklık ve nem gibi fiziksel koşulların korunmasıdır. Bunu sağlayabilmek için sıcaklık ve nem gibi etmenlerin takip ve izlenmesinin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Nesnelerin interneti teknolojisi algılayıcı cihazlarla donatılmış nesnelerin, insana ihtiyaç duymadan, kendi başlarına bir öge olarak internet bağlantısı ile diğer nesne ve/veya kullanıcılarla veri iletişimi yapabilmesini sağlayan ağ yapısıdır. Bu yapı sayesinde RFID etiketleri ve diğer algılayıcı cihazların gerçek zamanlı ve sürekli veri alışverişi yapması, otomatik komut uygulamaları ve farklı kullanıcı ara yüzleri için istenen formatta raporlama yapmaları mümkün olmaktadır.

Uluslararası ticaretin gıda ve diğer bozulabilir maddeler için, mesafelerin fazlalığı ve farklı iklimlere transfer gibi sebeplerle ortam koşullarının korunmasını daha da güçleştirilmesi, ayrıca soğuk zincirin kırılması ve benzeri aksaklıkta sorumlu olacak kurum ve kişilerin tespitinin daha zor olması nesnelerin internetinin bu alanda kullanımının yaygınlaşması için itici güç oluşturmaktadır. Uluslararası ticarete gümrük ve diğer denetlemelerin getirdiği raporlamalar ve hukuksal süreçler izlenebilirlik özelliğinin önemini daha da arttırmaktadır. Nesnelerin internetinin algılama katmanına ulaşan veriler ağ katmanında gerekli ögelerle paylaşılarak uygulama katmanında gerçekleştirilen faaliyetlere ilişkin raporlamalar mümkün olmaktadır. Nesnelerin internetinin, soğuk zincir lojistiği gerektiren uluslararası ticarete blok zincir ağları ve yapay zekâ gibi diğer yeni nesil teknolojilerle beraber kullanımının gıda israfını azaltması ve verimliliği artırması beklenmektedir.

Kaynakça

- Akşahin, B. (2014). *Tedarik zinciri yönetiminde gıda sektöründe meydana gelen bekleme zamanlarının kısaltılması* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim Adresi: <http://openaccess.maltepe.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12415/3199/10058169.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (18.03.2020)
- Alanur, H. (2014). *Soğuk Zincir Lojistik Yönetiminde Dış Kaynak Kullanımının İşletme Performansı Üzerine Etkisi: Gıda Tedarik Zincirine Yönelik Bir Alan Çalışması* (Yüksek Lisans Tezi), Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (Tez No. 389103). (18.03.2020)
- Arumugam, S. S., Umashankar, V., Narendra, N. C., Badrinath, R., Mujumdar, A. P., Holler, J., & Hernandez, A. (2018, Ağustos). *IOT enabled smart logistics using smart contracts*. 2018 8th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS) Konferansında sunulan bildiri, Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/330028993_IOT_Enabled_Smart_Logistics_Using_Smart_Contracts (18.03.2020)
- Atzori, L., Iera, A. ve Morabito, G. (2010). "The Internet of Things: a survey". *Computer Networks*, Sayı. 54, No. 15, ss. 2787–2805.
- Avrupa Birliği. (28 Ocak, 2002). Regulation (eC) No 178/2002 of the European parliament and of the council of 28 January 2002, Erişim: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32002R0178> (04.05.2020).
- Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E. H. M. (2019). "Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk". *IEEE Access*, Sayı. 7, ss. 129551-129583.

- Badran, H. (2019, June). *IoT Security and Consumer Trust*. Proceedings of the 20th Annual International Conference on Digital Government Research içinde. (pp. 133-140). Dubai, United Arab Emirates.
- Balamurugan, M. S., Manojkumar R. (2019, Temmuz). *Design of disaster management based on Artificial Neural Network and Logistic Regression*. Proceedings of the 2019 7th International Conference on Computer and Communications Management içinde (pp. 205-209). Bangkok, Thailand.
- Büyükkalayci, G., Karaca, H. M. (2019). “Pazarlama 4.0: Nesnelerin İnterneti”, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, Cilt. 54, Sayı:1, 463-477.
- Chander, A. (2015). “Robots, the Internet of Things, and the Future of Trade”. UC Davis Legal Studies Research Paper, Sayı. 465.
- Clover, C. (2014, 6 Ağustos). China Said to Exclude Apple From Procurement List, Erişim Adresi: <http://www.bloomberg.com/news/2014-08-06/china-said-to-exclude-apple-fromprocurement-list.html> (04.05.2020).
- Cui, Y. (2018). Supply Chain Innovation with IoT. *Multi-Criteria Methods and Techniques Applied to Supply Chain Management* içinde. (ss. 153-168). IntechOpen.
- Çeken, C., Abdurahman, D. (2019). “Simulation Modeling of An IoT Based Cold Chain Logistics Management System”. Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences, Cilt. 2, Sayı:2, 89-100.
- Dandage, K., Badia-Melis, R., & Ruiz-Garcia, L. (2017). “Indian perspective in food traceability: a review”. Food Control. Sayı. 71, ss. 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.005>
- Dani, S. (2015). Food Supply Chain Management and Logistics: From Farm To Fork, Kogan Page Publishers, Croydon, Great Britain.
- Degirmenci, I. T., Karayun, I., Akyildirim, O. O. (2017). “Cold chain logistics for frozen food at tourism destinations. Journal of Management Marketing and Logistics”, Cilt. 4, Sayı:2, 159-167.
- Doyduk, H. B. B., Tiftik, C. (2017). “Nesnelerin İnterneti: Kapsamı, Gelecek Yönelimi ve İş Fırsatları”. Third Sector Social Economic Review, Cilt. 52, Sayı:3, 127-147.
- El-Shweky, B. E., El-Kholy, K., Abdelghany, M., Salah, M., Wael, M., Alsherbini, O., Ismail, Y., Salah, K. & AbdelSalam, M. (2018, January). *Internet of things: A comparative study*. 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC) içinde. (ss. 622-631). IEEE.
- Farooq, M. U., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). “A review on internet of things (IoT)”. International Journal of Computer Applications, Sayı. 113, No: 1, ss. 1-7.
- Fejzo, O. (2019). *Proactive Adaptation of Behavior for Smart Connected Objects*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim Adresi: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1352171/FULLTEXT01.pdf> (10.05.2020)
- Forkast.News (2020, 8 Nisan). Can blockchain guarantee food safety in China? Erişim Adresi: <https://forkast.news/china-blockchain-report-food-safety/> (05.04.2020)
- Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). “Introduction to IOT”. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Sayı. 5, No.1, ss. 41-44.
- Göçoğlu, V. (2020). “Kamu hizmetlerinin sunumunda dijital dönüşüm: Nesnelerin interneti üzerine bir inceleme”. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt. 9, Sayı:1, 615-628.

- Hackius, N., Petersen, M. (2017). *Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)* içinde, Cilt. 23, ss. 3-18. Berlin: epubli GmbH.
- hurriyet.com.tr. (2020, 3 Nisan). Dijital tarım istasyonu ile tarlayı uzaktan takip mümkün. Erişim: <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/dijital-tarim-istasyonu-ile-tarlayi-uzaktan-takip-mumkun-41485461> (10.05.2020)
- hurriyet.com.tr. (2020, 5 Mayıs). Honor, yeni akıllı cihazlarını 18 Mayıs'ta duyuracak. Erişim Adresi: <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/honor-yeni-akilli-cihazlarini-18-mayista-duyuracak-41509870>, (05.10.2020)
- hurriyet.com.tr. (2020, 7 Mayıs). Koronavirüs günlerinin parlayan teknolojileri. Erişim Adresi: <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/koronavirus-gunlerinin-parlayan-teknolojileri-41512186>, (10.05.2020)
- hurriyet.com.tr. (2020, 16 Nisan). Nesnelerin İnterneti hayatımızı baştan sona değiştiriyor. Erişim Adresi: <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/nesnelerin-interneti-hayatimizi-bastan-sona-degistiriyor-41495681>
- James, R. (2019, 17 Mayıs). 8 interesting developments in IoT technology. Erişim Adresi: <https://www.techradar.com/news/8-interesting-developments-in-iot-technology>, (05.10.2020)
- Kaynak, R., Avci, S. B. (2014). "Logistics service accountabilities and their effects on service buyers' trust". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Sayı. 111, No:1, ss. 731-740.
- Khan, J., Li, J. P., Ahamad, B., Parveen, S., Haq, A. U., Khan, G. A., & Sangaiah, A. K. (2020). "SMSh: Secure Surveillance Mechanism on Smart Healthcare IoT System With Probabilistic Image Encryption". *IEEE Access*, Sayı. 8, ss. 15747-15767.
- Khan, M. A., & Salah, K. (2018). "IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges". *Future Generation Computer Systems*, Sayı. 82, ss. 395-411.
- Kong, X., Huang, G. Q., Luo, H., & Yen, B. P. (2018). "Physical-internet-enabled auction logistics in perishable supply chain trading". *Industrial Management & Data Systems*. Sayı. 118, No: 8, ss. 1671-1694.
- Kumar, D., Kumar, P. ve Ashok, A. Introduction to Multimedia Big Data Computing for IoT. *Multimedia Big Data Computing for IoT Applications: Concepts, Paradigms and Solutions* içinde. Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (Eds.). (2019). (Vol. 163). (ss. 3-36). Springer.
- Kumar, N. M., Mallick, P. K. (2018). "The Internet of Things: Insights into the building blocks, component interactions, and architecture layers". *Procedia Computer Science*, Sayı. 132, ss. 109-117.
- Küçük, A. (2019). *Soğuk Zincir Sistemlerinin Bileşenleri ve Bir İkram Firması İçin Model Önerisi*. IRDITECH 2019 Uluslararası Ar-Ge, İnovasyon ve Teknoloji Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı (ss. 21-39) içinde.
- Li, R. Ji, S.. (2010). "Design of visual logistics distribution system based on GPS/GIS/GPRS". *Logistics Science and Technology*, Sayı. 2, ss. 80-83.
- Likar, K., Jevšnik, M. (2006). "Cold chain maintaining in food trade". *Food Control*, Sayı. 17, No:2, ss. 108-113.
- Lueth, K. L. (2020, 7 Ocak). IoT 2019 in Review: The 10 Most Relevant IoT Developments of the Year. Erişim Adresi: <https://iot-analytics.com/iot-2019-in-review/>, (10.05.2020)
- Lund, H. (2019). *Development of a multi-robot welding cell for jigless welding*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim Adresi: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159142/diplomityo_Lund_Hannu.pdf?sequence=1 (10.05.2020)

- Ma, H.D., (2011). "Internet of Things: objectives and scientific challenges". Journal of Computer Science and Technology, Sayı. 26, No:6, ss. 919-924.
- Magalhães, A. E. V., Rossi, A. H. G., Zattar, I. C., Marques, M. A. M., & Seleme, R. (2019). "Food traceability technologies and foodborne outbreak occurrences". British Food Journal. Sayı. 121, No: 12, ss. 3362-3379.
- Meyer, G.G., Främling, K., Holmström, J. (2009). "Intelligent products: a survey". Computers in Industry, Sayı. 60, No:3, ss. 137-148.
- Ngarambe, J., Yun, G. Y., & Santamouris, M. (2020). "The use of artificial intelligence (AI) methods in the prediction of thermal comfort in buildings: Energy implications of AI-based thermal comfort controls". Energy and Buildings, Sayı. 109807.
- Óskarsdóttir, K., Oddsson, G. V. (2019). "Towards a decision support framework for technologies used in cold supply chain traceability". Journal of Food Engineering, Sayı. 240, ss. 153-159.
- Pachayappan, M., Rajesh, N., Saravanan, G. (2016). *Smart logistics for pharmaceutical industry based on Internet of Things (IoT)*. International Conference on Advances in Computational Intelligence and Communication (CIC 2016) (ss. 31-36) içinde. Puducherry, India: Pondicherry Engineering College.
- Park, J. C. (2012). *Mobile RFID reader-initiated LLRP connection*, IEEE Int. Conf. Comput. Convergence Technology, (ss. 1205-1209) içinde. Seoul, South Korea.
- Patel, K. K., Patel, S. M. (2016). "Internet of things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges". International Journal of Engineering Science and Computing, Sayı. 6, No: 5, ss. 6122-6131.
- Pepito, J. A., Locsin, R. C., & Constantino, R. E. (2019). "Caring for Older Persons in a Technologically Advanced Nursing Future". Health, Sayı. 11, No:5, 439-463.
- Rejeb, A., Keogh, J. G., Treiblmaier, H. (2019). "Leveraging the Internet of Things and Blockchain Technology in Supply Chain Management". Future Internet, Sayı. 11, No:7, ss. 161-182.
- Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., Robla, J.I., (2009). "A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends". Sensors, Sayı. 9, No:6, ss. 4728-4750. <https://doi.org/10.3390/s90604728>
- Sarısoy, G. (2011). *Gıdaların Soğuk Zincir Lojistiği*, (Yüksek Lisans Tezi), Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (Tez No. 292789). (18.03.2020)
- Song, D., Tanwani, A. K., Goldberg, K., & Siciliano, B. (2019). *Networked-, cloud-and fog-robotics*. Robotics Goes MOOC içinde. B. Siciliano, (Ed.). Springer.
- Sung Heun, H. A. (2015). Analysis on the cross-border trade processes and reference map for cross-border paperless trade, Erişim Adresi: <https://www.unescap.org/sites/default/files/Crossborder%20PaperlessTrade%20Reference%20Map.pdf> (18.03.2020)
- Şen, A. (2008). *Tedarik zinciri yönetiminde soğuk lojistik uygulamalarının etkinliğinin artırılmasına yönelik bir çalışma*, (Doktora Tezi), Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (Tez No. 220229). (18.03.2020)
- Şengül, G., Tanaydı, M., Polat, Z., Varel, A., Öztekin, D., Şekercioğlu, C., Karasakal, C., Kavalcı, C. (2018). *İstanbul Airport, Hayaldi Gerçek Oldu*, İstanbul Havalimanı E-Kitap, Ömür Matbaacılık, İstanbul.
- Tang, P. (2019). *Reefer container monitoring system based on WSN and cloud technology* (Doktora Tezi). Erişim Adresi: https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/20315/1/Master_Peiyaoy_Tang.pdf (04.05.2020)

- tasimacilar.com. (2012, 16 Mayıs). Türkiye ATP mevzuatına taraf oldu. Erişim Adresi: <http://www.tasimacilar.com/turkiye-atp-mevzuatina-taraf-oldu-11905h.htm>, (28.02.2020).
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T., Lam, C. H., & Koo, P. S. (2018). “An Internet of Things (IoT)-based risk monitoring system for managing cold supply chain risks”. *Industrial Management & Data Systems*, Sayı. 118, No:7, ss. 1432-1462.
- Vashi, S., Ram, J., Modi, J., Verma, S., Prakash, C. (2017, February). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and security issues*. 2017 international conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC) içinde. (ss. 492-496). IEEE.
- Velásquez, D., Sánchez, A., Sarmiento, S., Toro, M., Maiza, M., & Sierra, B. (2020). “A Method for Detecting Coffee Leaf Rust through Wireless Sensor Networks, Remote Sensing, and Deep Learning: Case Study of the Caturra Variety in Colombia”. *Applied Sciences*, Sayı. 10: No: 2, 697.
- Verdouw, C. N., Beulens, A. J. M., Van Der Vorst, J. G. A. J. (2013). “Virtualisation of floricultural supply chains: A review from an Internet of Things perspective”. *Computers and Electronics in Agriculture*, Sayı. 99, ss. 160-175.
- Verdouw, C. N., Robbemon, R. M., Verwaart, T., Wolfert, J., Beulens, A. J. (2018). “A reference architecture for IoT-based logistic information systems in agri-food supply chains”. *Enterprise Information Systems*, Sayı. 12, No:7, ss. 755-779.
- Wang, K. Y., Yip, T. L. (2018). Cold-Chain Systems in China and Value-Chain Analysis. S. Gong, K. Cullinane, (Eds.). *Finance and Risk Management for International Logistics and the Supply Chain* (ss. 217-242) içinde. Elsevier.
- Wei, C., Gao, W. W., Hu, Z. H., Yin, Y. Q., & Pan, S. D. (2019). “Assigning customer-dependent travel time limits to routes in a cold-chain inventory routing problem”. *Computers & Industrial Engineering*, Sayı. 133, ss. 275-291.
- Wei, J., Lv, S. (2019). “Research on the Distribution System of Agricultural Products Cold Chain Logistics Based on Internet of Things”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Sayı. 237, No: 5, 052036
- Weyns, D., Ramachandran, G. S., & Singh, R. K. (2018, January). *Self-managing internet of things*. International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Informatics içinde (ss. 67-84). Edizioni della Normale, Cham.
- Wolfert, J., Verdouw, C. N., Verloop, C. M., Beulens, A. J. M. (2010). “Organizing information integration in agri-food—A method based on a service-oriented architecture and living lab approach”. *Computers and Electronics in Agriculture*, Sayı. 70, No:2, ss. 389-405.
- Younan, M., Houssein, E. H., Elhoseny, M., & Ali, A. A. (2020). “Challenges and recommended technologies for the industrial internet of things: A comprehensive review”. *Measurement*, Sayı. 151, No: 107198, ss. 1-16.
- Zhang, T., Kraisintu, K. (2011). The role of traceability in sustainable supply chain management, (Yüksek Lisans Tezi), Chalmers University Of Technology, İsveç. Erişim Adresi: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/146242.pdf> (18.03.2020)
- Zhengling, L. (2004). “An analysis of the role of NGOs in the WTO”. *Chinese Journal of International Law*, Sayı. 3, No: 2, ss. 485-497.
- Zhou, Z., & Zhou, Z. (2012, Aralık). *Application of internet of things in agriculture products supply chain management*. 2012 International Conference on Control Engineering and Communication Technology (ss. 259-261) içinde. Liaoning, China.

Research Article

Soğuk Zincir Lojistiği Gerektiren Uluslararası Ticarete Nesnelerin İnternetinin Kullanımı

Use of Internet of Things (IoT) in Cold Chain Logistics for International Trade

Işılal TALAY

Antalya Bilim Üniversitesi, İİSBF, İşletme Bölümü, Çıplaklı Mah. Akdeniz Bulvarı No:290
A, 07190 Döşemealtı/Antalya

isilay.talay@antalya.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-8956-9505>

EXTENSIVE SUMMARY

Introduction

In general, it is of utmost importance to keep track of and record the process stages in international trade of temperature sensitive food and consumer goods. The reason for this is to prevent any temperature preservation breach, and if this is not possible despite all efforts, to find the responsible party by determining the causes. This competence is briefly called traceability. The concept of traceability is two folds, in more detail: tracking, that is, real-time monitoring of the physical flow of food or consumer goods that are the subject of the cold chain, and tracing, that is revealing the history of the products in the cold chain, all kinds of applications they are subject to, and their current location based on recorded documents. Considering the abundance of records, physical transactions and geography in international trade, it can be realized that these two distinctions are very important and that the flow of international trade can be much more comfortable if performed with the highest performance with high technology tools and infrastructure.

Method

As the ATP (The Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuff and on the Special Equipment to be used for such Carriage) Treaty emphasizes, temperature is the most important factor to be monitored to ensure the quality and reliability of perishable foods with temperature sensitivity. With the monitoring of the temperature, health scandals, returns and compensations are prevented and customer satisfaction and loyalty increases. One of the high-tech products that provides real-time traceability in international trade that requires cold chain logistics to achieve all these benefits is the Internet of Things (IoT).

The Internet of Things and other high technologies have high potential to increase traceability in cold chain logistics. However, it has not been possible for them to become fully widespread worldwide and reach their full potential. In this context, there is a need for studies that will increase awareness and guide the potential use of these innovations. In this study, the structural layers of the Internet of Things and the technological innovations that can be used in these layers, as well as how these can be used to meet the needs of consumers and all stakeholders of international trade are explained. Attention has also been drawn to some potential problems and needs that the Internet of Things brings along with all the benefits.

Findings and Discussion

In an international trade activity, it was very difficult to provide traceability in cold chain logistics due to language and even measurement unit differences. However, thanks to the Internet of

Things, the equipment in different countries exchanges information over the raw data, and this data can be processed automatically, and content can be created for different users, enabling real-time traceability of cold chain logistics in international trade. This convenience brought by the Internet of Things in international trade will reduce the deterioration and waste caused by the temperature breach in the cold chain, prevent the circulation of counterfeit products such as medicines and medical supplies, thereby increasing the reliability of international trade.

There were RFID (Radio Frequency Identification), GPS (Global Positioning System) and similar technologies before the internet of things was created. However, at every stage in a supply chain, these technologies were used within the companies, and it was not possible to share the equipment used at different stages of the supply chain and the data they collect with each other. In this case, the follow-up of the process in the supply chain and related trade was followed by textual and numerical reporting after each step. Real-time monitoring was not possible.

It is possible for the data contained in the RFID tags to be attached to the products from the production and / or agricultural stage and provided to different users thanks to the Internet of Things. It is also possible to transmit this information to consumers at the purchasing stage if requested. If the RFID tags are supplied with raw material info used in production, transactions carried out on the product during the production, distribution, and marketing stages, then all such information could be processed. Even in the field, the vaccines, pesticides and all other processes applied to the plants could be provided to the consumers in this way. Hence, consumers can have all the information about a product coming from another country and processed by different institutions, customs and government offices, without being restricted from the perspective of any institution, and can make a more informed choice with more confidence in the product they purchase.

During the cold chain logistics, the conditions of food and perishable consumer goods, especially temperature, are detected, identified and monitored in the sensing layer of the internet of things. For this, RFID and GPS-like technologies are used. In cold chain logistics, moisture measurement, in addition to temperature in the sensing layer is also important, since humid environments facilitate the reproduction of bacteria. In this layer, a warning sensor is also used on the vehicle doors, since temperature breach could happen if the door of the vehicle is left open for a long time while the product is being discounted or loaded from the temperature-controlled vehicles.

In the network layer, the collected data is shared with other items in the network safely and accurately. With technologies such as GPS and Geographic Information Systems (GIS), the real-time profile of the location and environment of the products are created during transportation. In the application layer, the collected and processed data are converted into different formats such as text or video in accordance with the preferences of the users and network elements. Therefore, it is possible to divide the application layer into two sub-layers. In the data management sub-layer, complex and uncertain data is inspected, arranged and brought back together in a meaningful way. In the application service sub-layer, the revised data is converted into content suitable for users. If an undesirable situation is observed in the temperature and humidity data with the use of the internet of things in the cold chain, an alarm can be provided for intervention. With GPS and GIS, it is possible to determine food routes and energy saving by determining the routes to be followed in real time according to the location of the vehicles and the current characteristics of the location.

The use of the Internet of Things is becoming increasingly common in international trade, which requires cold chain logistics, for tracking, controlling and traceability. However, using the internet of things together with other new and most modern technologies to create a superior logistics system will be the next step in this area. In this perspective, examples of the integrated use of the internet of things with block chains, big data, and artificial intelligence systems have just begun to emerge. Installing the internet of things on the cloud structure can make it possible to operate with other new technologies.

International trade that requires cold chain logistics has more complex responsibilities and system requirements than a local distribution network. These requirements are briefly:

- Transparency, so that all stakeholders can be informed of the processes;
- Traceability, the physical product flow can be tracked as described above;
- Accountability and obligation, i.e. the ability to account to the buyer for storage, transportation, insurance, customs, inspection, management, packaging, inventory and order management, and other value-added activities, thereby identifying the responsible partners in any situation.

The Internet of Things, with its traceability feature, can feed data into the block chain network or cloud and other platforms where big data is available, which can provide transparency and corrective optimization in planned activities in unexpected situations. In addition, when there is a legal dispute, direct evidence can be obtained from the sensor devices connected to the internet of things or data can be transferred to the mediators. The use of the internet of things will be many times more beneficial, as the probability of a legal dispute in international trade is higher due to the excessive risks.

Thanks to the internet of things, the measurements of the physical system are transformed into a virtual element and prepared for analysis. In this preparation, it is possible to extract the data that are not needed for the purposes and control requirements of the system, and also to add new data resulting from the analysis (For example, estimates arising from simulation can be added to the dataset to predict the future situation of the system.). Based on this renewed data set, it is decided by the decision mechanisms whether an intervention to the system is required. Making predictions about the future may provide for the precautions that may arise in the next steps in international trade and may help take measures related to them in the previous stages of trade.

It is worth noting that the internet of things, in international trade, improves the performance of existing activities, prevents some problems before they arise, strengthens the traceability feature in the cold chain, but also poses some risks and some other issues that will be felt more strongly in the future. The first is to create data transfer without any limits. In other words, as a technology that will support international trade and carry it to the future, it leads to international data trade. Confidentiality and security concerns may arise for these data accessed without regard to limits, and these concerns can become legal problems. Namely, the data sent by the objects connected to the internet of things may be sent to the server computer network located in a different country in the sensory layer, this shared computer network is synchronized with another server computer network in the network layer and located in another country. It may be analyzing data and reporting to user interfaces in again a different country. In this case, if there are legal barriers from various countries related to the transfer of this data, this practice may reveal a kind of data-oriented customs restriction.

In international trade for food and other perishable materials, it is more difficult to protect the environmental conditions due to the distances and transfer to different climates. It is also more difficult to identify institutions and individuals who will be responsible for the breaching of the cold chain and similar disruptions, and this is the driving force for the increasing use of the internet of things in this business. Reporting and legal processes brought by customs and other audits in international trade increase the importance of traceability. The data reaching the sensing layer of the internet of things is shared with the necessary items on the network layer and reporting on the activities carried out on the application layer is also possible. The use of the internet of things in conjunction with other new generation technologies such as block chain networks and artificial intelligence in international trade, which requires cold chain logistics, is expected to reduce food waste and increase efficiency.