

# Endüstri 4.0'ın İş Sağlığı ve Güvenliğine Katkıları ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Risk Değerlendirme Metoduyla Ambulansta Bir İnceleme

İlkay TOPALOĞLU<sup>1</sup>

Mustafa Ergin ŞAHİN<sup>\*,2</sup>



## TELHİS (ÖZ)

### Araştırma Makalesi

Takvim-i Vekayi  
ISSN: 2148-0087

Basım (Published): 31.12.2021  
Kabul (Acceptance): 14.12.2021  
Gönderi (Submitting): 16.08.2021

Cilt (Vol): 9  
No (Issue): 2  
Sayfa (Pages): 66-94

#### Adres:

<sup>1</sup> Recep Tayyip Erdoğan  
Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim  
Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği  
Ana Bilim Dalı, Rize, Türkiye

<sup>2</sup> Recep Tayyip Erdoğan  
Üniversitesi, Mühendislik -Mimarlık  
Fakültesi, Elektrik-Elektronik  
Bölümü, Rize, Türkiye

\*Sorumlu Yazar (Corresponding);  
E-mail: mustafa.sahin@erdogan.edu.tr

**Anahtar Kelimeler:** İş Sağlığı ve  
Güvenliği, Endüstri 4.0, Risk  
Değerlendirme, FMEA, Ambulans  
Örneği, Nesnelerin İnterneti.

İlk olarak Almanya'da ortaya çıkan, ülkemizde ve diğer ülkelerde değişim ve dönüşümlere neden olacağı öngörülen Endüstri 4.0 günümüzde tüm dünyada etkisini göstermeye başlamıştır. Endüstri 4.0 hayatımıza girerek ve üretim ile hizmet ortamlarını daha akıllı hale getirerek, karmaşık ürünleri daha kısa sürelerde ve en yüksek kalitede üretmeyi sağlamaktadır. Üretimin dijital dönüşüme geçmesiyle birlikte iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamaları da bu dönüşüme ayak uydurmaya başlamıştır. Endüstri 4.0 ile gelişen teknolojiler İSG alanında uygulanarak çalışanların sağlık ve güvenliğini koruyan yeni teknolojiler gelişmiştir. İSG 4.0 alanındaki koruyucu teknolojileri iyi yönetilirse mesleki riskleri azaltabilecek ve çalışma koşullarını iyileştirebilecektir. Endüstri 4.0 ile İSG 4.0 arasında bağlantı sağlanması ile çalışanların izlenmesi, yetkisiz işlemlere izin verilmemesi, fiziki ve zihinsel kapasitenin takip edilmesi ve güvenliğin sağlanması ile riskler ve kazalar daha etkili bir şekilde önlenilecek ve büyük oranda engellenebilecektir. İSG'de Endüstri 4.0'a geçiş ile birlikte algoritmalarından yararlanılarak olası riskler önceden hesaplanabilmekte, risk değerlendirme konusunda analizler yapılabilmektedir.

Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın tanımı, bileşenleri, Endüstri 4.0'ın ve İSG'nin tarihsel gelişimi, İSG 4.0'ın tanımı ve Endüstri 4.0'ın İSG 4.0'a riskleri azaltmada ki katkıları, Endüstri 4.0'ın İSG uygulamalarına etkileri ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemi incelenerek bir ambulans örneği ile işlenmiştir. Ambulansta bulunan tehlikeler ve riskler belirlenip; olasılık, şiddet, fark edilebilirlik değerleri sonucu oluşan risk öncelik sayısı hesaplanarak Endüstri 4.0 kapsamında tedbirler sonucu oluşan yeni risk öncelik sayısı karşılaştırılmıştır. İş sağlığı ve güvenliğinde risk değerlendirmenin önemi, kontrol tedbirlerinin alınmasıyla sağlık sektöründe ki bir örnek incelenmiştir. Günümüzde önemi artan Endüstri 4.0'ın iş sağlığı ve güvenliği alanında tehlike ve riskleri azaltmadaki önemi, çalışanların sağlığının ne derecede etkilendiği çalışma sonucunda görülmüştür.



# **Contribution of Industry 4.0 to Occupational Health and Safety and Failure Mode Effects Analyses (FMEA) with Risk Assessment Method in Ambulance**

Research Article

---

## ABSTRACT

---

Industry 4.0, which first emerged in Germany and is expected to cause changes and transformations in our country and other countries, has started to show its effect worldwide today. Industry 4.0 comes into our lives and makes production and service environments smarter, enabling us to produce complex products in a shorter time and at the highest quality. Digital production occupational health and safety (OHS) applications have also started to keep up with this transformation. Developing technologies with Industry 4.0 is applied in the OHS field, and new technologies that protect employee health and safety have evolved. Protective technologies in OHS 4.0 are suitable can reduce occupational risk, and working conditions, if managed, will be able to heal. Decontamination between Industry 4.0 and OHS 4.0 monitoring employees with the provision, allowing unauthorized transactions failure to give, monitoring physical and mental capacity, risk and accidents are more effective by ensuring safety. It can be prevented and prevented mainly in the way. From algorithms with the transition to Industry 4.0 in OHS, possible risks can be calculated in advance by using risk analysis on the evaluation.

In this study, the definition of Industry 4.0, its components, the historical development of Industry 4.0 and OHS, what is OHS 4.0 Industry 4.0 to OHS 4.0 contributions to risk reduction, Industry 4.0 ISG application and failure mode effects analysis (FMEA) method was studied and processed with the example of an ambulance. The risks and dangers in an ambulance are determined. Risk priority numbers calculated resulting from probability severity and detectability values are compared with the new priority risk number resulting from the measures within the scope of Industry 4.0. As a result of the study. The extend of how the health of the employees was affected can be seen. The importance of risk assessment in occupational health and safety and an example in the health sector will be examined by taking control measures.

---

## KEYWORDS

---

Occupational Health and Safety, Industry 4.0, Risk Assessment, FMEA, Ambulance Example, Internet of Things.

## 1. GİRİŞ

İş yerindeki iş sağlığı ve güvenliği (İSG), risklerin belirlenmesi, belirlenen risklere karşı kontrol tedbirlerinin alınması ve işveren tarafından denetlenmesi şeklinde olan süreçleri kapsar. Buradaki asıl hedef çalışanların ve işletmenin güvenliğini sağlamaktır.

Çalışma esnasında meydana gelen kaza ve meslek hastalıkları sistemde verimliliğe doğrudan etki ettiğinden bütün sanayi dönemlerinde iş sağlığı ve güvenliği alanında çalışmalar yapılmış, riskler ve tehlikeler belirlenerek bunlar engellenmeye çalışılmıştır. Çünkü iş kazası ve meslek hastalıkları sonucu doğan ekonomik hasar tüm toplumu etkilemektedir (Özkılıç, 2005).

Endüstri 4.0'dan iş sağlığı ve güvenliği alanında İSG 4.0 teknolojileri sayesinde kaza ve risklerden korunma açısından yararlanılmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileriyle nesnelere interneti (IoT), büyük veri, bulut teknolojileri, artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamaları iş sağlığı ve güvenliği çözümleriyle birleştirilerek çalışanların ve çalışma ortamlarının daha korunaklı olması sağlanmaktadır. İSG 4.0 teknolojileri çalışanların tehlikeli ve riskli görevlerde muhtemel yaşayabileceği kazaları engelleyebilmektedir. Bu teknolojiler kurumların var olan İSG oluşumlarını destekleyip performanslarını geliştirmesine imkân sağlamaktadır (Çelik, 2019).

Artırılmış ve sanal gerçeklik teknolojileri, çalışanlara daha önceden gösterdiği benzetimler sayesinde onları hazırlayarak gerçek tehlikelerle karşılaştıklarında ne yapmaları gerektiğini tecrübe ettirmektedir. Gerçek zamanlı konum takibi, veri kontrolü ve akıllı donanımlar iş kazalarını azaltabilecek ve tehlikeli bölgelerde daha güvenli koşullar oluşturabilecektir. Dijital görev analizi, dinamik risk değerlendirmeleri, çalışanların gerçek zamanla izlenmesi sayesinde sürekli güvenlik sağlanması, yetkisiz işleme izin verilmemesi gibi uygulamalar geliştirilmektedir. Büyük veri ve nesnelere interneti ile büyük veri analizi kullanılarak veriler hızlı bir şekilde incelenerek İSG açısından oluşacak risk ve hastalıklar önlenebilecektir (Öz, 2020).

İş sağlığı ve güvenliğinde tehlikelerden kaynaklanan risklerin derecesini ölçmek için risk değerlendirme yöntemleri kullanılır. Endüstri 4.0'ın risk değerlendirmesine katkılarını incelemek üzere FMEA yöntemiyle ambulansta

bir örnek analiz edilecektir. Risk değerlendirmesi yapılan ambulans tehlikeleri Endüstri 4.0 tedbirleri alındıktan sonra tekrar değerlendirilerek ilk durumdaki risk puanıyla karşılaştırılacaktır.

## 1.1. Endüstri 4.0 Nedir?

Endüstri 4.0 Almanya'da gerçekleştirilen bir fuarla ilk olarak ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0 ile beraber pek çok yeni iş alanı oluşmuş, çalışma alanlarının verimini doğrudan etkileyecek kadar büyük bir öneme sahip olmuştur. Teknolojinin son seviyesi makinelerin internetle iletişim kurduğu kullanıcılardan bağımsız kararlar aldığı üretim sistemi Endüstri 4.0 olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0 birçok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişini ve üretim teknolojilerini içeren kolektif bir terimdir. Endüstri 4.0'ın ayırt edici en önemli üç unsuru vardır. Bu unsurlardan hız, endüstriyel gelişmelerin kısa zaman içerisinde gerçekleştiğini ifade eder. Teknoloji her gün gelişmekte ve bunlar daha yenilere öncü olmaktadır. Genişlik ve derinlikte ise en yeni gelişmeler dijital devrim üzerinde ortaya çıkmaktadır. Ancak bu gelişmeler yalnızca üretimin yapısını değil iş yaşamında, toplumlarda ve bireyin yaşam şartlarında değişikliklere neden olmuştur. Sistem etkisi, son dönem şirketler ve sektörler aynı zamanda ülkelerin sistemini değiştirerek bütünsel dönüşümünü kapsamaktadır (Schwab, 2016).

Gelecekteki iş ağı kendini organize edebilen bir seviyede, gerçek zamanlı cevaplar iletebilen her iş birliği tarafından etkilenebilmektedir. Endüstri 4.0 gelecekteki rekabet ortamında sağlam kalabilmek için önemli hizmetlerin tasarımı ve uygulama tasarımlarının yanında lojistik ve üretim sistemini de içermektedir.

Endüstri 4.0'ın hedeflerinde teknoloji sonucu ortaya çıkan sonucun tamamen özel olmasını sağlamak, üretimdeki uyumunu sağlamak, makineler ve parçaları arasında iletişimi sağlamak, insan makine iletişimini sağlamak, paradigmlar, akıllı fabrikalarda optimizasyonu sağlamak, yeni iş imkânı ve hizmetler sunmaktır.

Potansiyel olarak; dinamik yapıdan meydana gelen rekabet ve esnekliği artıran, talep zincirindeki sorunları yok etme, gerçek zamanlı kullanım sayesinde karar vermeyi optimize etme, kaynak üretkenliğini artırmak ve

düşük miktarda kaynak kullanma, maliyetleri düşürme, yeni fırsatlar oluşturma hedefler arasında sayılabilir.

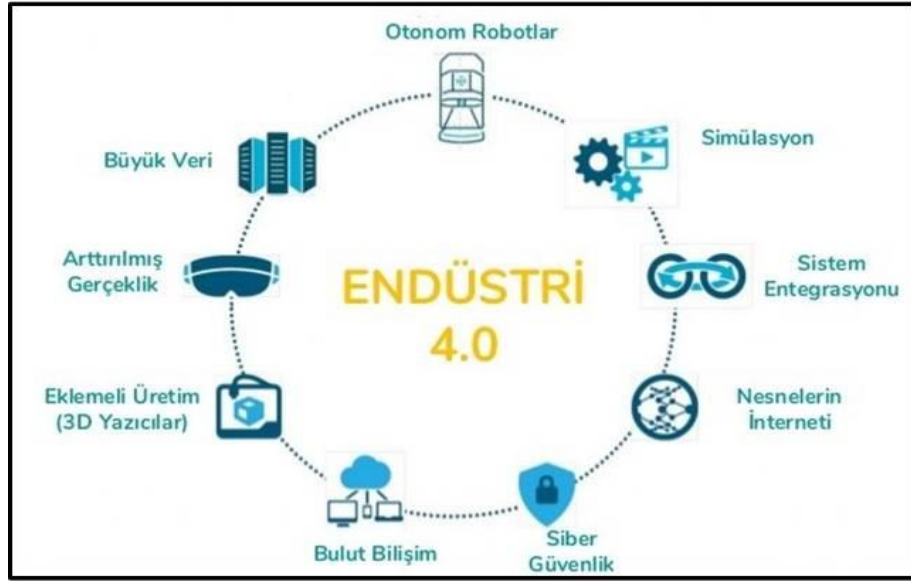
Endüstri 4.0 değişik teknolojileri içermektedir. Bunlardan bazıları; radyo frekanslı tanıma, nesnelerin interneti, bulut bilişim sistemleri, akıllı fabrikalar, akıllı ürünler, siber fiziksel sistemlerdir.

## 1.2. Endüstri 4.0'ın Prensipleri

Endüstri 4.0 çeşitli prensipleri olan bir sistemdir. Sanallaştırma, akıllı fabrikaların sanal kopyasıdır. Sensörler ve sistem, verilerin sistem benzetimleri ve tesis ile bağlanması şeklinde meydana gelir. Özerk yönetim ile akıllı fabrikaların içerdiği siber-fiziksel sistemler kararları kendileri verebilir. Karşılıklı çalışabilirlik, insanlar ile fabrikalar arasında iletişim kurmak için nesnelerin interneti ve hizmetlerin internetinden faydalanır. Nesnelerin interneti teknolojisiyle kullanılan özellik sayesinde fabrika içindeki cihazlar ve çalışanlar birbiri ile iletişim kurabilir. Bu iletişim esnasında bir hata oluştuğu zaman direk yönetici kişiye haber gitmektedir. Böylelikle oluşan hatalara oldukça hızlı bir şekilde müdahale etme imkânı oluşur. Gerçek zamanlı olma yeteneği, ortaya çıkan verilerin bir araya getirilip analiz edilmesidir. Endüstri 4.0'ın barındırdığı en önemli yeniliklerden biri, bilgilerin anlık olarak doğru olarak okunabilmesidir. Cihazların bilgi ve verilerin bir ana cihazda toplanıp, sistemi inceleyen kişiler tarafından yorumlanarak en fazla verim hedeflenmektedir. Hata ve olaylara anlık bir şekilde müdahalede bulunma imkânı vardır. Aynı zamanda müdahale edebilmek için fiziki olarak cihazın yanında olmaya gerek yoktur. Modülerlik ise bireysel modüllerin hızla gelişen çağında değişiklik olması gereken zorunluluklar için esnek adapte olma sürecini sağlar. Endüstri 4.0 öncesinde küçük değişiklikler için bile cihaz yenilenmesi gerekiyordu. Gelişen teknoloji ile basit yazılımlar aracılığıyla istekler gerçekleştirilebilir. Bu sayede üretim çeşitliliği oluşur. Hizmet oryantasyonu hizmeti sayesinde siber-fiziksel sistemler herkese ulaşabilir hale gelmiştir (Çalış Duman, 2020)

## 1.3. Endüstri 4.0'ın Temel Bileşenleri

Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Burada bulunan otonom robotlar, büyük veri, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik benzeri uygulamalar Endüstri 4.0'ın bileşenleridir. Bu bileşenler kullanılarak çalışma hayatında hız, verimlilik ve kalite artarak sorunlar için çözüm üretilmesi kolaylaşmaktadır. Bileşenler birlikte kullanılarak veri analizini kolaylaştırır ve sensörler sayesinde algılama yapabilen robotlar ise hızlı, güvenli, kaliteli üretimin önünü açmaktadır.



Şekil 1. Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri (URL-4)

### 1.3.1. Büyük veri

Geleneksel veri tarama tekniklerinin kullanılarak işlem yapılması mümkün olmayan, farklı büyüklüklerde ki karışık veriyi tanımlayan bir kavramdır. Büyük veri, genellikle yapılandırılmış olan, sonsuz bir şekilde biriken, geleneksel tabanlı veri işleme yöntemleriyle çözülemeyecek kadar yapısal olmayan, çok büyük ve çok ham bir şekilde büyüyen veri dizileridir. Büyük veri, geleneksel veri tabanı yöntemleriyle ya da analitik araçlarla çözülmesi zor ya da imkânsız olan, çok büyük, karmaşık ve çok hızlı incelenmesi gereken veri setlerini tanımlar.

Büyük veri erişimi zor olan veri setlerini kısa sürede yakalama, toplama, işleme, analiz etme ve görüntüleme tekniklerinin kullanımını içerir. Bu veri setleri genellikle sosyal medya, sensörler, bilimsel uygulamalar, izleme verileri,

video ve görseller internet dokümanları, tıbbi kayıtlar, işletme kayıtları vb. gibi kaynaklardan gelen, çok hızlı bir şekilde akan büyük hacimli verilerdir. Çok farklı tür ve yapıdaki verilerin toplanması ve kayıt altına alınması ile ortaya çıkan dev veri dizileridir. Büyük veriler işletmelerin karar verme süreçlerini kısaltmayı hedeflemektedir.

Büyük veri işletmelere çeşitli faydalar sağlamaktadır. Bunlar; gerçeğe dayalı daha hızlı karar verme, iyileştirilen müşteri ilişkileri, satış artışı, yeni ürünlerde artan etkinlik, azalan risk, etkin profesyonel faaliyetler, daha kaliteli ürünlerin hizmete sunulmasıdır.

Büyük verinin etkisi sadece ekonomik boyutta değildir. Birçok kurumun ve kuruluşun ekonomik verisini sağlayacağı gerçek zamanlı enformasyon yardımıyla önemli faydalar elde etmeye başlamıştır. Örneğin gerçek zaman ve çok boyutlu bir şekilde gelen veri sayesinde günlük yaşantının akıllı yönetilmesi ve şehirdeki oluşan trafik yoğunluğu, enerjinin ve suyun yönetimi, e-devlet uygulamaları, bu açıdan insanların sergiledikleri davranışlar ve davranış değişikliklerinin, daha yakından gerçek zamanlı olarak idare edilmesi kolaylaşacaktır (Altunışık, 2015).

### 1.3.2. Nesnelerin interneti

Nesnelerin interneti (Internet of Things, IoT), fiziksel nesnelerin bilgi alışverişi yaparak birlikte karar verebilmeleri adına nesnelere birbirini görüp duyma, düşünme ve beraberce 'konuşma' olanağı sağlamaktadır. IoT saklı cihazlar, haberleşme usulleri, algılayıcılar, internet protokol ve uygulamaları gibi temel teknolojik gelişmelerin geleneksel olandan akıllı olana dönüşmesidir. İlk kez 1999 yılında Kevin Arthon tarafından hazırlanan bir sunuda bahsedilmiştir (Aktaş, 2016). Gelişen teknoloji sayesinde insanların her koşulda kullanabildikleri cihazlardan internete erişim sağlanmaktadır. Bu adımda sonra olması beklenen oluşum birbirine bağlı cihazların kendi aralarında bilgi alışverişi yapmasıdır.

IoT, insan temasına, veri girişine ihtiyaç olmadan cihazların kendileriyle veri iletişimi yapabildiği, verileri topladığı ve oluşturduğu bilgilerle kendi kararlarını verdiği bir yapı olarak tanımlanabilir. Adreslenebilen nesnelerin aralarında oluşturduğu evrensel genel bir ağ sayesinde bu alandaki nesnelere

belli bir prosedür ile birbiriyle iletişim kurabilir. Nesnelere interneti içerisinde olan bir teknoloji sayesinde kartlarla akıllı hale dönüştürülen makinalar; tasarruf, çevrenin korunması, fiziksel güvenlik, sağlık güvenliği, saha kontrolünün ve verimliliğinin artmasını sağlayarak kişi ve ülkelerin ekonomik olarak daha iyi seviyelere gelmesine imkân sunmaktadır.

### 1.3.3. Bulut bilişim ve özellikleri

Uygulamaların internet üzerindeki bir uzak sunucu aracılığı ile çalıştırılması veya kullanıcı verilerinin uzak sunucudan her an ulaşılabilir şekilde bulundurulmasına yarayan bir servis olarak tanımlanabilir. İnternet ara yüzü bilgiyi herkesin ulaşabileceği hale getirirken bulut bilişim herkes için kullanılabilir hale çevirmiştir. Bulut bilişim geçmişteki yöntemlerin günümüze uyarlanıp geliştirilip tüm kullanıcıların erişimine olanak sağlayacak biçimde yeniden sunulmasıdır. Bulut bilişimi kullanarak aranılan bilgiye nerede ve nasıl istersek ulaşmak mümkündür. Doğa dostu olması, donanım probleminin olmaması, yüksek erişilebilirlik imkânı, bellek değişikliği gerektirmeyen esnek yapısının olması avantajlarındandır.

Bulut bilişimin birkaç özelliği bulunmaktadır. Hesaplama için ve depolama kullanımı klasik sistemlerden farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Bu farklar ve özellikler; sanallaştırma, istediğinde kendisine kaynak oluşturma, kullanılan kadar ödeme modeli, sanal depo, dinamik kaynaklar oluşturma, sanal kümelenmeler, yüksek seviyede erişilebilirlik ve veri kurtarmadır (Buyya, 2011).

### 1.3.4. Robotik sistemler ve bileşenleri

Robotik sistemler son dönemde endüstride oldukça yaygın kullanım imkânı olan yapay zekâ yöntemlerinden biridir. Genel olarak inşaat, maden, ziraat, nakliye ve tehlike içeren ortamlardaki işler, sağlık sektörü, kişisel hizmet sektöründe kullanılır. Eski tip robotlar tek bir işe odaklanıp aynı işi sıra ile tekrar ederler. Yeni nesil robotlar ise bir yapay zekâ ile donatılmış, çevresini algılamaya başlamıştır. Robotlar yapmaları gereken komutları algoritmalarıyla alır. Her bir hareket için yeniden planlanması gerekir. Bileşenleri;



Algılayıcılar: Robotun etrafı ile ilişki kurmasını sağlar. Algılayıcılar çevreyi gözlemler ve sinyalleri yakalar. Çevreye enerji yayan aktif algılayıcılar, enerjiyi geri alarak bilgi alışverişi yapar.

Yönlendiriciler: Bağımsız hareket eden bir robotun hareketlerinin yönlendirilmesidir. Robotun şekli hakkında bilgi verir.

Robotik algılama: Çevre genellikle değiştiğinden uygulanması zordur. Robotun etrafını harita algılayıcılar ile algılamasıdır. İyi algılama için bilgiler yeterli olmalı, güncel ve gerçek zekâyâ yakın olmalıdır.

Konumlandırma: Etraftaki nesnelerin yerini belirlemede kullanılır.

Haritalama: Etraftaki nesnelerin konumlandırılmasını sağlar. Robotun çevresinin aynı kalması haritalamayı kolaylaştırmak için önemlidir.

Hareketlerin planlanması: Son olarak yönlendiricinin robotu istediği yöne hareket ettirmesidir. Karşılaştığı en büyük sorun hareket halinde iken bir nesneye temas etmesidir. Robotu bir yerden başka bir yere hareket ettirmeyi ifade eder.

## 2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

İş yerlerinde işin yürütülmesi sırasında çeşitli sebeplerden kaynaklanan sağlığa zarar verebilecek koşullardan korunmak amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalara “İş Sağlığı ve Güvenliği” denilmektedir (Bangasser, 2000). Çalışanların sağlığı ve güvenliği, ürün ve işyerinin güvenliği bir bütün olarak iş sağlığı ve güvenliğini oluşturur (Akıllı, 2012).

İş güvenliği açısından çalışanların işlerini yerine getirirken herhangi bir tehlikeye maruz kalmaması için işverene, çalışanların sağlık ve güvenliklerinin korunmasına yönelik tüm iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinin örgütlenmesi ve sunulması bakımından yükümlülük verilmiştir (Boz, 2019). İş sağlığı ve güvenliğinde asıl hedef iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlenmek, çalışanların sağlıklarını ve vücut bütünlüklerini korumaktır.

### 2.1. İSG’de Risk Kavramı ve Risk Yönetimi

Risk; Belirli bir süre içerisinde, istenmeyen bir olayın (tehlikenin) meydana gelme ihtimalidir. Risk bir tehlikeye bağlı zararın gerçekleşme

olasılığını tanımlar. Riskin etkinliği etkilenen kişi sayısını ve meydana gelen sonucu içerir. Risklerin kontrol edilmesi, belirli bir hiyerarşi içerisinde alınacak önlemlerin her risk için değerlendirilmesidir (Ceylan, 2011).

Risk yönetimi ilk kez Amerika'da kullanılmaya başlanmıştır (Emhan, 2009). Amaç ihtimallerin belirlenmesi, ya olursa sorularının cevaplanmasıdır. Risk yönetimi, kurum ve kuruluşlarda tehlikelerin belirlenerek bu tehlikelerin oluşturduğu risklerin kabul edilebilir seviyeye indirilmesidir. Bu sayede hem maddi kayıplar azalır hem de kişilerin sağlığı korunur. Beklenmeyen olayların düşük maliyetle kontrol edilmesi, gerekli kaynak ve oluşumların organize edilmesi ve yönetilmesi ve kontrol edilmesidir. Ambulanstaki bazı riskler Şekil 2'de gösterilmiştir. Personelin yaralanmasına, kaza geçirmesine sebep olacak uygun olmayan zemin, biyolojik risklere maruz kalmaya sebep olabilecek tıbbi atık yönetimi, patlama ve yangına sebep olabilecek oksijen tüpleri, solunum yolu enfeksiyonlarına sebep olabilecek yetersiz havalandırma bunlardan bazılarıdır.



Şekil 2. Ambulanstaki bazı riskler

## 2.1.1. Tehlikelerin tanımlanması

Risk yönetimindeki önemli adımlardan biridir. İşletmede zarar ve hasar verebilecek potansiyel etkiler tarafsız bir şekilde analiz edilir. İşletmede ölüme, hastalığa, yaralanmaya, hasara veya başka olaylara sebep olacak bütün durumlar tanımlanır. Her tehlike için birden fazla risk ortaya çıkabilir. Örneğin elektrikle çalışılan işlerde elektrik çarpması bir risk olduğu gibi yangın çıkması da bir risktir.

Risk oluşturacak tehlikeler genellikle iş yerinde ki yapısal nedenlerden, makinalardan, organizasyon, vardiya düzeni, fiziksel ve çevresel koşullardan kaynaklanır. Tehlikeyi bulmak için 'Tehlike kaynakları nelerdir? Tehlikeden kimler zarar görebilir?' soruları sorulabilir.

## 2.1.2. Risk değerlendirme

Riskler değerlendirilerek derecelendirilir, önem sırasına göre listelenir. Kabul edilebilir seviyede olup olmadıkları kontrol edilir. Kabul edilemez seviyede ki risk kontrol önlemleri belirlenerek kabul edilebilir seviyeye indirilmeye çalışılır.

## 2.1.3. Kontrol önlemlerini tespit etme

Değerlendirilen ve değerler verilen mevcut riskler için alınacak önlemlere karar verilir. Riskin oluşmasına engel olmak ya da şiddet derecesinin azaltılması veya tehlikenin transfer edilebilmesinin analizleri yapılır. Riskte gerçekleşen azalmayı, sonucunda yada gerçekleşme ihtimali üzerinden takip edebiliriz. Kontrol önlemleri aşağıdaki sıra ile gerçekleştirilir:

Risk ortadan kaldırmak (Elimine etmek): İş yeri içerisindeki çok yüksek risk taşıyan araç, makine veya sistemin elemine edilmesiyle gerçekleşir.

Yerine koyma (İkame etme): Tehlike elimine edilemiyorsa, daha az riskli materyal yüksek risk taşıyana tercih edilir.

Kontrol ve izolasyon: Tehlike elimine veya ikame edilemiyorsa tehlikeyi oluşturan kaynak izole edilmelidir. İzole edilemiyorsa etkilenen kişi sayısının azaltılması, maruz kalma süresinin kısaltılması, miktarında azaltma sağlanmalıdır.

Mühendislik kontrolleri: Tasarım mühendisleri izole ve ikame edilemeyen, kontrol altına alınamayan tehlikeleri önlemek amacıyla makine ve teçhizatın tasarımı üzerinde çalışır.

Yönetim kontrolleri: İş akışının güveni ve düzeni, güvenlik sistemleri, çalışma prosedürleri vb. yazılar yayınlayarak yapılır. İşveren iş yerinde ki gerekli işaretlemeleri yapmış olmalıdır.

Kişisel korunma: Son seçenek olan kişisel koruyucu donanım kullanımı başka alternatif olmadığında uygulanır. Kişisel koruyucu donanımların hem kullanım denetimi zordur hem de riski azaltmada daha az etkilidir. Kişisel koruyucu donanımın kullanımı gerekiyorsa mutlaka prosedürünün yayınlanması gerekir.

## **2.1.4 Kontrol önlemlerini uygulama**

Belirlenen kontrol önlemi önce denenerek uygulamaya konur. Kontrol önlemi tehlikenin ortadan kaldırılmasını ve riskin bertaraf edilmesi önceliğini kapsamalıdır. Bu olmuyor ise azaltma yoluna gidilir. Eğer bu da uygulanamıyor ise son seçenek olarak kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı düşünülmelidir. Uygun kontrol önlemleri yapılarak riskin azalması azalmadığı kontrol edilir.

## **2.1.5 İzleme ve gözden geçirme**

Risk yönetim sürecinde bazı tehlikeler gözden kaçabilir veya yeniden değerlendirilmesi gerekebilir. Riskin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve kontrol tedbirlerinden sonra riski ortadan kaldırmak, azaltmak amacıyla kullanılan uygulamaların zamanında yapılmasının izlenmesi, uygulanması ve gözden geçirilmesi gerekmektedir. Alınan önlemler sonucunda azalan risklerin yeni durumlarını analiz etmek için tekrar risk değerlendirmesi yapılabilir.

## **3. ENDÜSTRİ 4.0'IN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE KATKILARI**

### **3.1. Endüstriyel IoT ve Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Teknolojisi (Real Time Location System, RTLS)**

Gerçek zamanlı konum belirleme teknolojisi çalışanların yada nesnelerin arasındaki uzaklığı ölçebilen bir yöntemdir. Endüstriyel IoT ile birbirine bağlanan cihazların verileri gerçek zamanlı toplanır ve bulut bilişime ulaşır.

Bulut bilişimde incelenen veriler büyük veri vasıtasıyla görselleştirilir. Yetkililer verileri anlık olarak inceleyebilir. Bu sistem yük kaldırmaları ve endüstriyel cihazlar için muhtemel tehlike ve riskleri tespit ederek kazaları önlemeyi amaçlamaktadır. Çalışanların kişisel bilgileri koruma altındadır. RTLS teknolojisi ile çalışanların olması gereken konumda olup olmadığı, risk oluşturacak bir ortamda bulunup bulunmadığı takip edilebilir.

### 3.2. Radyo Frekanslı Tanıma (Radio Frequency Identification, RFID)

RFID, bir okuyucuyla etiket veya etiketlerden oluşan bir tanımlama sistemidir. Etikette bulunan bir mikroçip ve mikroçipi çevreleyen bir alıcı bulunmaktadır. Okuyucuyla etiketin arasındaki elektromanyetik algılayıcılar bir enerji şeklinde yonga ile buluşup onu hareketlendirmektedir. Enerji alan etiketler ise okuyucuya bilgi aktarımı yapmaktadır. Bütün bunlar belirli bir uzaklıkta herhangi bir temas olmayarak ve kablosuz şekilde gerçekleşmektedir. Okuyucu aldığı veri dalgalarını sayısal dalgaya dönüştürerek bilgisayar ortamına aktarmaktadır (Pala, 2007).

IoT teknolojisinin bileşenlerinden RFID genellikle, canlı ve nesnelere radyo dalgalarıyla tanımlamak adına kullanılan teknolojilerdir. RFID teknolojisinin çalışma prensibi Şekil 3'te gösterilmiştir. RFID mikroçipi algılayıcıya enerji göndererek bilgi aktarır ve okuyucu algıladıklarını bilgisayar ortamına aktarır.

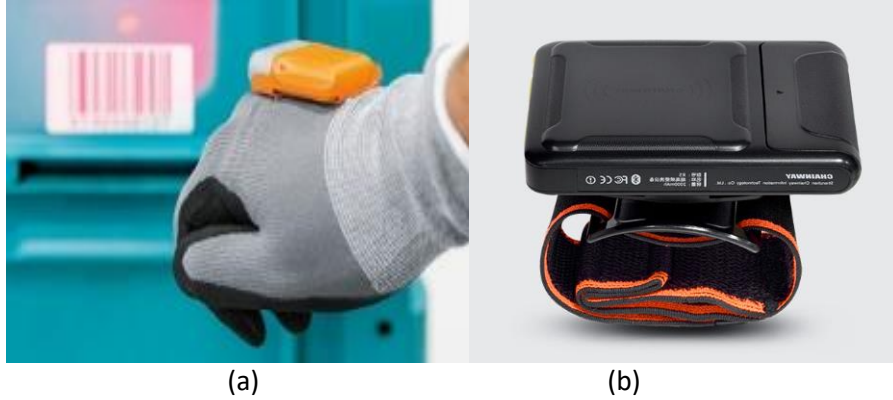


Şekil 3. RFID teknolojisinin çalışma prensibi (URL-5)

Çalışanların karşılaşabileceği kazalar ve iş ortamındaki çarpma ve düşmeleri engellemek için mesafe uyarı sistemi kullanılabilir. RFID sistemleri radyo frekansı, etiket ve antenden oluşmaktadır. Çalışma ortamındaki yetkisiz işlemleri önlemek, gerekli sorumluluğu olmayan kişilerin cihazları kullanmasını engellemeye olanak sağlamaktadır. Her çalışanın

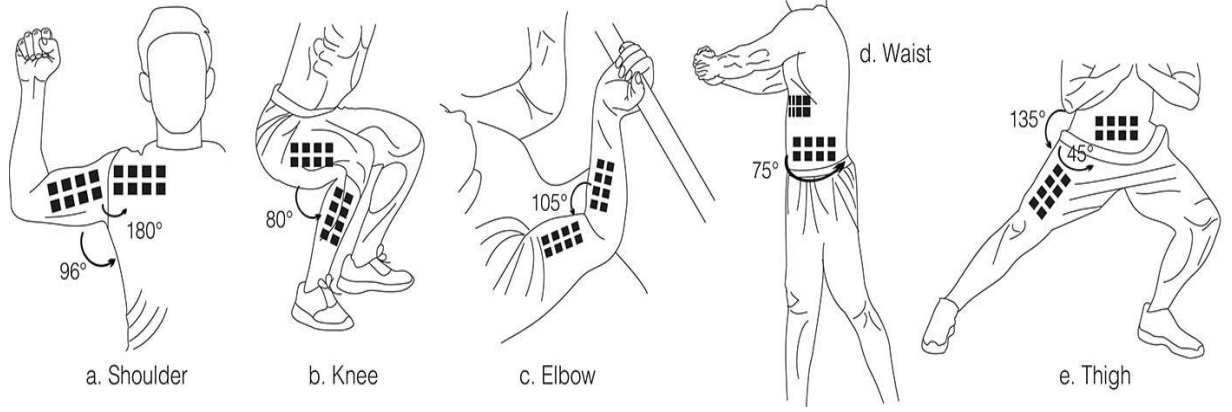
kullandığı kişisel koruyucu donanıma yerleştirilen, kişi verilerini içeren RFID sensörlü donanımlar, ortamın fiziksel risk etmenlerini ölçerek topladığı bilgileri ve uyarıları hem çalışanlara hem de yetkililere iletir. Kablosuz erişilen bir ağ sayesinde ayrıca çalışanların fizyolojik değerleri de izlenebilir.

Giyilebilir RFID etiketli koruyucu donanımlar, çalışanların kalp hızı, elektrokardiyografisi, solunum hızı, kandaki insülin oranı, vücut sıcaklığı hakkında bilgi vermektedir. Bu verileri toplayan giyilebilir kişisel koruyucu donanım sensörleri ile olağan dışı davranışlarda tespit edilmektedir. Toplanan tüm verileri bulut aracılığıyla çalışanların düşme, aşırı zorlama ve yaralanmaları gibi tehlikeli durumlarda ilgili birimlere bilgi verir. Şekil 4'te giyilebilir RFID teknolojilerine örnekler gösterilmiştir. Örnekteki eldiven üzerinde bulunan RFID sensörü normal olmayan hareketleri ve normal olmayan fiziksel risk etmeni değerlerini algılayarak bildirir. Bileklik ise kan basıncı, vücut sıcaklığı gibi değerlerde fizyolojik anormallikleri tespit eder.



Şekil 4. Giyilebilir RFID teknolojisine örnekler; (a) sensör, (b) bileklik (URL-6, URL-7)

Şekil 5'te giyilebilir RFID sensörlü donanım ile çalışan takibi yapılarak, duruş bozuklukları, aşırı zorlanma gibi eklem ve kas rahatsızlıklarına sebep olabilecek hareketler tespit edilebilmektedir.



Şekil 5. Giyilebilir RFID sensörlü donanım ile çalışan takibi; (a) Omuz, (b) diz, (c) dirsek, (d) bel, (e) kalça (URL-8).

### 3.3. Bulut Bilişim ve İSG

Endüstriyel IoT ile tüm donanımlar birbirine bağlanmakta, kablosuz sistemler vasıtasıyla veri göndermektedir. Giyilebilir cihazlardan gelen verilerle ortamda iş güvenliğini tehlikeye atan çalışanlar uyarılarak güvenlik sağlanmakta, olası kaza anında tüm çalışanlar uyarılarak anında müdahale imkânı ile olay hızlı bir şekilde çözülmektedir. Ortaya çıkan risklerin tekrarlanmaması için önemli veriler kaydedilir.

Etiketlerdeki bilgiler hem depolama hem de işleme için sensör verileri ile bulut veri teknoloji sistemine aktarılır. Bulut sistemi gelen etiket verilerdeki kimlikleri tarayıp konum ve hareketleri belirler. Sonuçlar görselleştirilerek yetkililere sunulur. Böylece tespit edilen donanım arızaları yada çalışanların sağlık sorunları anında takip edilebilir. Bu sistem sayesinde iş yerindeki kaza oranları azaltılabilir.

### 3.4. Yapay Zekâ İle Tüm Süreçlerin İzlenmesi

Yapay zekâ cihazların önceden algı, öğrenme, yararlanma ve etkileşim içinde olma özelliklerini kapsamayı hedeflemektedir. Yapay sinir ağları (YSA) ise insan beynini öğrenme yoluyla taklit ederek beynin öğrenme, hatırlama, genelleme yapma yoluyla topladığı verilerden yeni veri üretebilme gibi temel işlevlerini gerçekleştirildiği bilgisayar yazılımlarıdır (Şahin, 2018).

Endüstriyel çalışma alanında çalışan makinelerin performansını artırmak, daha uzun yıllar çalışmasını sağlamak için bu makinelerin izlenmesi gerekir. Yapay zekâ teknolojileri sayesinde iş sağlığı ve güvenliği Endüstri 4.0

sistemine ayak uydurarak ve iş güvenliğini sağlayarak tehlikeleri tanımlamayı ve ortadan kaldırmayı kolaylaştırmaktadır.

Bu sistemde gelişmiş analizler ile kameralardan, Bluetooth bağlı cihazlardan, cep telefonlarından, IoT destekli giyilebilir cihazlardan, çevredeki sensörlerden gelen bilgiler, gerçek zamanlı erişilerek, hem çalışma ortamı hem de çalışanlar bütünsel olarak yönetilebilmektedir. Bu çözüm sistemi sayesinde İSG açısından ortaya çıkabilecek riskler, sensör tabanlı izleme ve tahmin bilgileri kullanılarak bu riskler ortaya çıkmadan önce yöneticilerin gereken önlemleri alabilmesini ve İSG alanında daha etkin olmalarını sağlamaktadır.

Microsoft, yapay zekâ ile desteklenen iş sağlığı ve güvenliği takip sistemi ile çalışanları ve donanımların kullanılmasını anlık olarak denetleyerek tehlike oluşabilecek noktalardaki riskleri yetkili birimlere ileterek iş güvenliği seviyesini maksimuma çıkarmıştır. Microsoft, işyerinde ki iş kazalarını önlemek için çalışanların araçlarını, onların yaptığı faaliyetleri izletip ölçebilen bir yazılım geliştirmiştir. Şantiye alanlarında çeşitli noktalarda güvenlik kameraları bulunmaktadır. Kameralardan gelen bu görüntüler görsel tarama yazılımlarından geçirilip çalışan kişiler ve etraftaki nesnelere ilişkilerini saptamaktadır. Böylelikle sistem bir iş yerini sürekli gözetim altına alarak tehlike oluşturabilecek davranış ve durumları yöneticilere ve iş güvenliği uzmanlarına önceden bildirebilecektir. Microsoft'un bu sistemi firmanın bulut alt yapı bileşenlerinden oluşmakta ve bunlara iş yerindeki kamera görüntüleri eklenince sistem saniyede 27 milyon görüntü tanıma yapabilmektedir(XTR, 2021).

### **3.5. Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modelling, BIM) ve Üç Boyutlu Görselleştirme**

Kalite muayene yöntemlerinden biri üç boyutlu görselleştirme (3D) yöntemidir. İş güvenliğinde yapı bilgi modellemesi (BIM) tabanlı kontroller sayesinde, muhtemel çakışmalar, düşmeler, yangınlar, sağlık sorunlarına neden olan güvenlik problemlerinin giderilmesi sağlanmaktadır. Şantiyelerdeki sensörler vasıtasıyla tehlike durumlarında çalışanlara uyarı göndererek muhtemel olası kazaların önlenmesi amaçlanmıştır. Örneğin tehlikeli bir alana yaklaşan işçiye sensörler aracılığıyla uyarı gönderilerek çalışan tehlikeden



uzaklaştırılır. Aynı sinyal iş güvenliği uzmanlarına gönderilerek iş kazalarının önüne geçilmeye çalışılır.

İş sağlığı ve güvenliği yönetiminde kalite kontrolü olası felaket ve kazaları önlemek açısından önem arz etmektedir. Yapı bilgi modellemesi(BIM), İSG de iyileştirme amacıyla otomatik kontrol imkânı sağlar. Buradaki amaç meydana gelebilecek tehlikeleri minimuma indirmek ve bunların içerdiği riskleri ortadan kaldırmak için en iyi yöntemi belirlemektir.

### 3.6. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality, AR)

Artırılmış gerçeklik, bilgisayar ortamında oluşturulan görsellerin gerçek dünya ile uyumlu olarak birleştirilmesidir. Artırılmış gerçeklik akıllı cihazların kameralardan çekilen şekil veya bilgilerin, çeşitli görsel, anket içeriklerle kullanıcıya yansıtılmasıdır. Yani aslında gerçekte olmayan bir olay ekran aracılığıyla oluyormuş gibi görünebilir. Artırılmış gerçeklik Şekil 6'da bir örnekle gösterilmiştir. Aslında o an ortamda bulunmayan nesnelere artırılmış gerçeklik sayesinde sanki varmış gibi tablet üzerinde görünmektedir.



Şekil 6. Artırılmış gerçeklik (URL-9)

Artırılmış gerçeklik sayesinde mühendisler artırılmış gerçeklik cihazlarıyla (gözlük, tablet) fiziksel sahadaki yapı modellemesini görebilir. Sanal ortamda gezerek sorunları tespit edebilir. Verileri sanal gerçeklikte ve artırılmış gerçeklikte görselleştirmek, fiziki sahada dolaşmadan görünmeyenleri görmeyi sağlar.

Artırılmış gerçeklik, fabrika ve inşaat işçilerinin eğitiminde de kullanılabilir. Tecrübesi olan ve emekliye ayrılan çalışanların verileri bu teknoloji ile kaydedilip sonraki nesillerin eğitiminde kullanılabilir, uygulamalı

eğitim sayesinde iyi eğitilmiş iş g¼c¼ kullanılabilmektedir. Ayrıca işçiler çalışırken karşılaşabilecekleri riskleri önceden görebilmekte, tehlikeli makinelerle fiziksel olarak etkileşime girmedikleri için daha d¼ř¼k risk almaktadırlar.

### **3.7. Sanal Gerçeklik (Virtual Reality, VR)**

Sanal gerçeklik, bilgisayar ortamında oluşturulan senaryoların sanal olarak deneyimlenmesidir. Sanal gerçeklik gözl¼ę¼ takılarak girilen ortamda üç boyutlu ve istediği yönde rahatça hareket ederek görünt¼ ve sesler algılanır. Sanal gerçeklik gözl¼ę¼ takıldığında hazırlanan bir araba benzetimi ise kendimizi aracın koltuğunda buluruz. Elle kontrol sağlayan sensörl¼ araçlar sayesinde arabayı kullanabiliriz

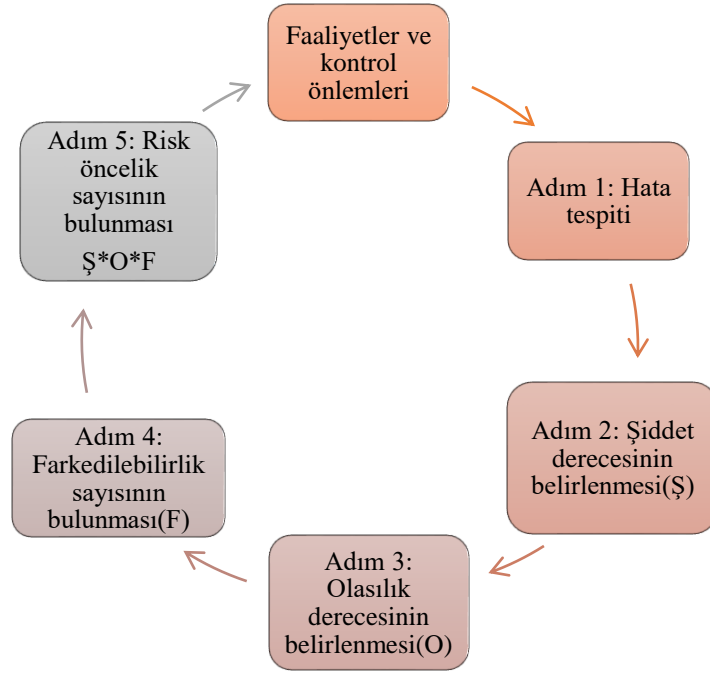
Borusan lojistik kendi limanındaki benzetim merkezinde çalışanlarına iş sağlığı ve güvenliği eğitimi vermektedir. Bu sim¼latör ve sanal gerçeklik video eğitimleri ile tehlike ve riskler karşısında görsel farkındalık artırılarak iş kazalarının önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Bu merkez ile ÷lkemizde İSG alanında önemli bir adım atılmıştır. Ayrıca teorik bilgilerin yanı sıra ilk defa verilen sim¼latör ve sanal gerçeklik video eğitimleri ile iş ortamındaki mevcut tehlike ve riskler konusunda çalışanların görsel farkındalığı artırılmış, sanal gerçeklik gözl¼kleri ve 360 derece çekilen videolar ile verilen eğitim sayesinde iş kazalarının önlenmesi hedeflenmiştir. İSG eğitim süreci tehlikeli ortamdaki davranışlarla ilgili tehlike ve risk oyunları, karikatürlerle doğru ve yanlışların tespit edilmesi işlemleriyle tamamlanmaktadır (Borusan lojistik, 2019).

### **4. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)**

Üretim yapılan bir sürecin güvenliğini sağlamak, olası hataları bulmak, ürün yada sürece ne derece etki ettiğini belirleyerek risk değerlendirmesi yapılmasıdır. Bunun için bazı tanımları bilmek gerekir. İşleyişte ki düzensizlik, yapısal bozukluk gibi süreçte istenmeyen her tür¼ duruma hata denir. Hatanın ortaya çıktığı genel durumu açıklayan ifadeler ise hata türleridir. Hatanın gerçekte ortaya çıkmasına sebep olan kök durum hatanın nedenidir. Hatanın ne kadar sürede ortaya çıktığını anlatan sıklık ihtimali ise hata olasılığı olarak tanımlanır. Ortaya çıkan bir hatanın doğurduğu sonuç ve bu sonucun ciddiyetine hata etkisi ve etki şiddeti denir. Herhangi bir hataya neden

olabilecek sorunun çeşitli yöntemlerle belirlenmesi tespit edilebilirlik olarak ifade edilir. Hata olasılığı, etki şiddeti ve tespit edilebilirliğe verilen sayısal değerlerin çarpımı risk öncelik sayısıdır.

Hata türü ve etkileri analizi döngüsü basit olarak Şekil 7'de gösterilmiştir. Öncelikle bir hata tespit edilir. Sonrasında şiddet, olasılık ve derece bulunarak bunlar çarpılır. Bulunan risk öncelik değeri faaliyetler ve kontrol tedbirleriyle azaltılmaya çalışılır.



Şekil 7. Hata türü ve etkileri analiz döngüsü

#### 4.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Amaçları

Hata türü ve etkileri analizinin amaçlarına sistemde meydana gelebilecek hataları önceden belirlemekle başlanabilir. Müşteri memnuniyeti açısından süreçler takip edilerek müşteri memnuniyetinden en fazla verim sağlanabilir. Muhtemel bir hata meydana gelmişse bu hata ortadan kaldırılabilir veya tekrar ortaya çıkması engellenebilir. İyi bir uygulama yapıldığında mühendislerin düşünceleri sistemle bütünleştirilebilir.

#### 4.2. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Çeşitleri

Sistem FMEA: Sistemin eksikliklerinden oluşan hataları tasarım ve alt sistemleri analiz ederek belirlemeye çalışır.

Tasarım FMEA: Tasarım hatalarından dolayı oluşan hataları önlemek için kullanılır.

Proses FMEA: Üretim ve montaj aşamasında hata oluşmasını önlemek için bu aşamaların kontrol edilmesidir.

Servis FMEA: Ürün teslim edilmeden servisin analiz edilmesidir.

### 4.3. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Aşamaları

Öncelikli olarak bir FMEA ekibi oluşturulur. Konusunda uzman yeterli donanımlara sahip iyi eğitilmiş bir kişi ekibi yönetir. Önceden bu konuda eğitim verilen elemanlar 5-10 kişi arasında içlerinde yöneticilerin de olduğu kişiler olabilir. Bu aşamadan sonra FMEA'nın kapsamı tanımlanır. Nelerin dahil edilip nelerin dışarıda bırakılacağı belirlenir. Hata türlerinin etkileri hem sistemsel hem de bölgesel olarak belirlenir. Olası hata etkisi sonuçları ortaya koyulmaya çalışılır.

#### 4.3.1. Şiddetin belirlenmesi

Şiddet derecelendirmesi Tablo 1'deki gibidir. Burada amaç hata türünün oluşturduğu sonucu nicel bir değer vererek belirlemektir. Kayıp derecesi, sistemin hasar görmesi, yaralanma, ölüm gibi etkiler ortaya çıkar. Kayıp miktarı ve şekli hata etkisinin ne derecede etkili olduğunu belirler.

Tablo 1. Şiddeti derecelendirme tablosu

Derece	Etki	Kriter
1	Etkisiz	Etki yok
2	Önemi yok	Sistemin çalışmasında karışıklığa yol açan hata
3	Önemsiz	Sistemde çalışmayı yavaşlatan hata
4	Çok küçük	Küçük kesiklere, sıyrılmaya ezilmeye ve burkulmaya sebep olabilecek hata
5	Küçük	Beyin hasarı, ikinci derece yanıklara, kalıcı sakatlıklara sebebiyet veren durum
6	Orta	Sistem performansını etkileyen ağır yaralanma, uzuv kopması, kanser oluşması gibi durumlar
7	Yüksek	Ölüme, ölümcül hastalığa, zehirlenmelere, üçüncü derece yanıklara neden olan, ekipmana hasar veren hata
8	Çok yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesine sebep olan, yıkıcı etkiye sahip, ağır yaralanmalara, üçüncü derece yanıklara, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü
9	Ciddi	Yüksek hasara ve toplu ölümler sebep olabilen uyarısız gelen potansiyel hata
10	Tehlikeli	Uyarı vermeden oluşan, felakete sebep olan hata

#### 4.3.2. Olasılık derecesinin belirlenmesi

Hatanın oluşma olasılığı sistem süreci boyunca ortaya çıkabilecektir buna zaman içerisinde meydana gelme ihtimali denir. Bazı kriterlere göre olasılık dereceleri belirlenir. Olasılık derecelendirmesi Tablo 2’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Olasılık derecelendirme tablosu

Hata Olasılığı	Açıklaması	Hatanın ihtimali	Derecesi
Çok yüksek	Kaçınılması mümkün olmayan hata	½’den fazla	10
		1/3	9
Yüksek	Tekrarlanan hata	1/8	8
		1/20	7
Orta	Ara sıra meydana gelen hata	1/80	6
		1/400	5
		1/2000	4
Düşük	Diğer durumlara oranla az olan hata	1/15000	3
		1/150000	2
Çok az	Olması muhtemel olmayan hata	1/1500000	1

#### 4.3.3. Tespit edilebilirlik (Fark edilebilirlik)

Tespit olasılığında dereceler ters sıra ile Tablo 3’te listelenmiştir. Hata modunun mevcut kontrollerle tespit edebileceği şekilde derecelendirilmesidir.

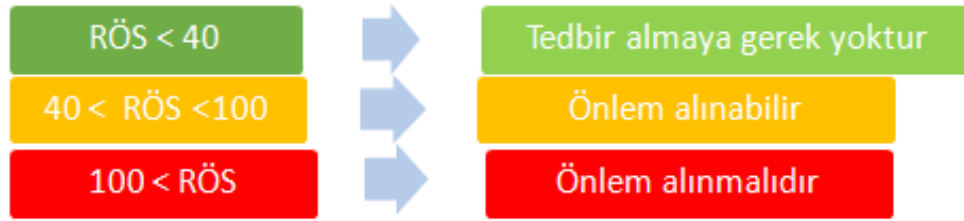
Tablo 3. Tespit edilebilirlik tablosu

Derece	Etki	Kriter
10	Mümkün değil	Tespit edilebilirlik imkansız
9	Çok zor	Var olan kontrolün hata türünü tespiti çok zor
8	Çok	Var olan kontrolün hata türünü tespiti zor
7	Çok az	Var olan kontrolün hata türünü tespiti çok düşük olasılık
6	Az	Var olan kontrolün hata türünü tespiti düşük olasılık
5	Orta	Var olan kontrolün hata türünü tespiti orta
4	Ortanın üzerinde	Var olan kontrolün hata türünü tespiti ortanın üzerinde
3	Yüksek	Var olan kontrolün hata türünü tespiti yüksek olasılık
2	Çok yüksek	Var olan kontrolün hata türünü tespiti çok yüksek olasılık
1	Neredeyse kesin	Var olan kontrolün hata türünü tespiti neredeyse kesin

#### 4.3.4. Risk öncelik sayısının (RÖS) hesaplanması

Risk öncelik katsayısı değerlendirilerek, olası hatanın riski, meydana gelme ihtimali ve şiddeti, tahmin edilebilir. RÖS hataların ne kadar öneme

sahip olduğunu ve düzenleyici önlemlere nereden başlanması gerektiğini söyler. Bu katsayı ne kadar büyük ise o derece öneme sahip iyileştirme faaliyetine ihtiyaç vardır. RÖS sayısı olasılık, şiddet ve tespit edilebilirliğin çarpımı sonucu bulunur. Risk öncelik katsayısının en büyük değerinden başlanarak önlemler alınmaya başlar. Çünkü en çok zarar risk önceliği en büyük değere denk gelmektedir. Risk öncelik katsayısı belirlenen risklerde orta, yüksek, kritik gibi ifadelerle anlamlandırılarak değerlendirilir. RÖS değerleri ve önlem durumu Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. RÖS değerleri ve önlem durumu

RÖS kırkın altında ise önlem almaya gerek yoktur. RÖS kırk ile yüz arasında ise önlem alınabilir. RÖS yüzden büyük ise önlem alınmalıdır. Aynı RÖS değerinde iki veya daha fazla hata var ise öncelikle yüksek yoğunluk olana tedbir alınmalıdır.

#### 4.3.5. Düzenleyici önlemlerin belirlenmesi ve uygulanması

İyileştirme faaliyetleri olasılık, şiddet veya tespit edilebilirlik derecelerinden birini veya birkaçını etkileyerek risk öncelik sayısının azaltılmaya çalışılmasıdır. İyileştirme faaliyetleri risk önem sırasına göre uygulanarak uygulamanın bitiminde tekrar değerlendirilir.

Alınabilecek olası önlemler; Operasyon sırası değişikliği, resim-tasarım değişikliği, ilave operasyonlar, tezgâh değişikliği veya yeni tezgâh, yeni kontrol metotları, yeni aletlere aparat ilavesi veya değişikliği yeni kalite kontrol noktaları şeklindedir. Bu önlem ve tedbirlerden sonra iyileşme olup olmadığı risk skorunun azalıp azalmadığı risk değerlendirme yaparak tekrar kontrol edilir.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 4'te ambulansta FMEA yöntemiyle bir risk değerlendirme yapıp Endüstri 4.0 tedbirleri uygulanmıştır. Tabloda Ş: Şiddet, O: Olasılık, F: Fark edilebilirlik, RÖS: Risk öncelik katsayısı olarak belirtilmiştir. Ele alınan tehlikeler ve riskler belirlenmiş olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik çarpılarak RÖS bulunmuştur. Daha sonra Endüstri 4.0 kapsamında tedbirler alınarak şiddet, olasılık ve fark edilebilirliğin çarpılması sonucu yeni RÖS oluşmuştur. RÖS değerlerinin birinci durumda ki hale göre on tehlikenin 'Önem alınabilir' değerlerden 'Önem almaya gerek yoktur' değerlerine, iki tehlikenin 'Önem alınmalıdır' değerinden 'Önem almaya gerek yoktur' değerlerine gerilediği gözlenmiştir.

İş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan endüstri 4.0 uygulamaları sayesinde riskler ölçülüp belirlenerek, meydana gelen kazalar daha etkili bir analiz sürecinden geçer. Böylelikle kaza ve risklere karşı etkin önlemler alınabilir. İş yeri ile ilgili bilgiler, çalışanların sağlık güvenlik bilgilerinin tek merkezde toplanıp sistemli bir şekilde saklanması ve gerektiğinde kullanılması sağlanır. Risk değerlendirmesinde kullanılan FMEA yöntemi sayesinde risk değerlendirme sayısal verilerle yapılarak riskin büyüklüğü somut olarak görülebilmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında tedbirler alındığında hesaplanan yeni risk öncelik katsayısı ilk duruma göre oldukça düşük olmakta, bu durumda risk azalmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan Endüstri 4.0 uygulamaları sayesinde riskler ölçülüp belirlenerek, meydana gelen kazalar daha etkili bir analiz sürecinden geçer. Böylelikle kaza ve risklere karşı etkin önlemler alınabilir. İş yeri ile ilgili bilgiler, çalışanların sağlık güvenlik bilgilerinin tek merkezde toplanıp sistemli bir şekilde saklanması ve gerektiğinde kullanılması sağlanır. Risk değerlendirmesinde kullanılan FMEA yöntemi sayesinde risk değerlendirme sayısal verilerle yapılarak riskin büyüklüğü somut olarak görülebilmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında tedbirler alındığında hesaplanan yeni risk öncelik katsayısı ilk duruma göre oldukça düşük olmakta, bu durumda risk azalmaktadır.

# Takvim-i Vekayi

Tablo 4. Ambulans risk değerlendirmesine FMEA örneği ve Endüstri 4.0 tedbirleri ile örnek bir uygulama (Ş: Şiddet, O: Olasılık F: Farkedilebilirlik, RÖS: Risk öncelik katsayısı)

Tehlike	Risk	Ş	O	F	RÖS	Endüstri 4.0 kapsamında alınan önlem	Ş	O	F	RÖS
Emniyet kemerinin kullanılmaması	Yaralanma/ölüm	9	7	2	126	Emniyet kemeri kullanılması takip uyarı sensörleri ile izlenmeli	9	2	2	36
Yangın tüpü bakımının yapılmamış olması	Yangın /ölüm	9	3	1	81	Bakım zamanı gelen yangın tüpünün sinyal vermesi	9	2	2	36
Kişisel koruyucu donanım(KKD) kullanılmaması	Bulaşıcı hastalık	8	5	2	80	Yapay zekâ yüz tanımlama teknolojisi ile KKD kullanımının denetlenmesi.	8	2	2	32
Tıbbi atık kutusunun olmaması	Bulaşıcı hastalık	8	4	2	64	Ambulansta bulunması gereken tıbbi atık kutusunun olmaması halinde sinyal oluşturması	8	2	2	32
Defibrilatör vb. tıbbi cihazların yetkisiz kişilerce kullanılması	Elektrik çarpması /yaralanma	5	6	2	60	Tıbbi cihazların kullanımına ilişkin yalnızca yetkili parmak izi veya yüz tanıma ile açılması	5	3	2	30
Dezenfektan solüsyonların kullanımı sonucu oluşan kimyasal buharlar	Alerji/ solunum yolu tahrişi	4	3	6	72	Ortam ölçümü yapan RFID etiketinin kimyasal madde için sinyal oluşturması	4	3	2	24
Tıbbi malzemeler	Alerji /dermatit	4	3	7	84	RFID teknoloji ekipmanın alerji belirtileri oluşurken uyarı vermesi (Solunumun hızlanması, kan basıncının düşmesi, terleme vb.)	9	2	2	36
Oksijen tüplerinde kaçak olması	Patlama	9	4	3	108	Ortam ölçümü yapan RFID sensörünün yapay zekâ aracılığıyla artan oksijen miktarını ölçerek sinyal vermesi	9	2	2	36
Defibrilatör vb. cihazların yanlış kullanılması	Yaralanma	5	5	3	75	Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla personele eğitimler verilmeli	5	2	2	20
Duruş bozuklukları	Kas iskelet sistemi hastalıkları	4	3	5	60	Duruş bozukluklarının RFID ile takip edilmesi.	4	2	2	16
Aydınlatmanın yetersiz olması	Görme sorunları	5	5	2	50	Nesnelerin interneti teknolojisi ile yetersiz aydınlatmanın sinyalle bildirilmesi	5	3	2	30
Ambulans havalandırma sistemi	Hastalık	5	5	2	50	Filtrelerde tıkanma durumunda RFID etiketinin sinyal göndermesi	5	3	2	30

Gelişen teknoloji ile birlikte giyilebilen sensörler, akıllı kişisel donanımlar, endüstriyel IoT, iş güvenliği kapsamında daha rahat kullanılabilir. Çalışanların sağlığı ve güvenliği kapsamında oldukça önem arz eden bu teknolojiler gelecek zamanlarda kullanılması ile iş sağlığı ve güvenliği ile bir bütün oluşturmayı hedeflemektedir. IoT destekli sensörler acil bir durum olduğunda yetkililere bilgi vererek iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesinde daha etkin bir uygulama yapılmasını sağlamaktadır. Çalışma ortamındaki iş kazaları ve meslek hastalıklarına çözüm olarak endüstri 4.0 ile



değeri artan giyilebilir akıllı donanımlar, iletişim, takip, insan etkileşimleri ve eğitim açısından yenilikler getireceğine dikkat edilmelidir. Eğitim ihtiyacıyla meydana getirilen sanal benzetmeler, akıllı cihazlarla simülasyonlar, sanal gerçeklik uygulamaları İSG alanında tehlikelerin ortadan kaldırılması ve risklerin azaltılması açısından pek çok yarar sağlayacağı anlaşılmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde doğrudan bu konuda yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma Sosyal Güvenlik Bakanlığı bünyesinde yapılan bir uzmanlık tez çalışmasında ambulans FMEA risk değerlendirmesi uygulanmış, sağlık sektöründe uygulanabilir bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca aldığı kontrol önlemleriyle risk öncelik katsayısını büyük oranda düşürerek iş kazası ve meslek hastalığı ihtimalini azaltmıştır (Bulut, 2016).

## 6. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada ambulans bulunan 12 tür tehlike belirlenerek FMEA yöntemiyle bir risk değerlendirmesi yapılmıştır. Risk değerlendirmesi sonrası alınacak tedbirler Endüstri 4.0 kapsamında belirlenerek yeni risk öncelik sayısı belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre;

- Önlem alınmalıdır kategorisinde iki adet tehlike bulunmaktadır. Bu tehlikeler alınan uyarı sensörlerinin kullanılması ve RFID sensörünün uyarı oluşturması tedbirleri ile tedbir almaya gerek yoktur sayısına gerilemiştir.
- Önlem alınabilir kategorisindeki 10 adet risk alınan sanal gerçeklik uygulama eğitimleri, RFID etiket sinyali, yüz tanıma teknolojisi, nesnelerin internet, akıllı kişisel koruyucu donanım önlemleri sayesinde tedbir almaya gerek yoktur seviyesine gerilemiştir.
- Tehlikeler sonucunda oluşacak ölüm, yaralanma, hastalık gibi çok ciddi riskler bulunmaktadır. Alınan önlemler sayesinde bu risklerin kontrol altına alınabileceği, vereceği zararların azaltılabileceği görülmüştür.
- Yüksek risklerden olan oksijen tüpünün patlaması, emniyet kemeri kullanılmaması gibi tehlikeler kontrol altına alınabilecek duruma gelmiştir.
- Endüstri 4.0 ün İSG önlemlerine fayda sağladığı sonucuna varılabilir.

## KAYNAKÇA

Akıllı, H., & Aydoğdu, Ö. (2012). İş sağlığı ve güvenliğinin önemi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 245-250.

Aksakal, A. (2017). Türkiye'deki resmi dairelerde talep tarafı yönetimi ve yapay zekâ. Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü: Kırıkkale, Türkiye.

Aktaş, F., Çeken C. ve Erdemli, Y. E., (2015). Kablosuz vücut alan ağları kullanılarak fizyolojik sinyallerin servis kalitesi desteği ile aktarımı, Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi (Tıptekno'15), Muğla-Türkiye, 529-532.

Aktaş, F., Çeken, C., Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelere interneti teknolojisinin biyomedikal alanındaki uygulamaları. Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 4(1), 43-50.

Aydan, M., Kaya, S. (2017). Hata türü ve etkileri analizi (HTEA): Üniversite Hastanesinde Bir Uygulama. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 20(4), 475-502.

Bangasser, P. E. (2000). The ILO and the informal sector: an institutional history (pp. 1-64). Geneva: International Labour Organization.

Baykasoğlu, A., Dereli, T., Yılkırkan, N., ve Yılkırkan, A. (2003). Hata türü ve etkileri analizi (HTEA) ve Gaziantep'te orta ölçekli bir firmada uygulanması. I. Makina Tasarım, 26-27.

Bayuk, M. N., Demir, B. N. (2019). Endüstri 4.0 Kapsamında yapay zekâ ve pazarlamanın geleceği. Sciences, 5(19), 781-799.

Bulut, A. (2016). 112 Acil durum ambulanslarında İSG risklerinin tespiti ve İSG rehberi. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.

Buyya, R., Broberg, J., Goscinski, A.M. (2011). Cloud Computing Principles and Paradigms (1st Ed.), Wiley Publishing.

Boz Eravcı, D. (2019). 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu ve ilgili sınırları çerçevesinde işverenin yükümlülükleri. Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, 8(22), 330-355.

Ceylan, H., & Başhelvacı, V. S. (2011). Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: Bir uygulama. International Journal of Engineering Research and Development, 3(2), 25-33.

Çalış Duman, M. (2020). Endüstri 4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütsel performansa etkilerini belirlemeye yönelik bir araştırma (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Çelik, N. (2019). Sanayinin geleceği Endüstri 4.0 ve iş sağlığı ve güvenliği. Doktora tezi. İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı Ve Güvenliği Anabilim Dalı. İstanbul, Türkiye.

Çiçek, Ö. ve Öçal, M. (2016). Dünya’da ve Türkiye’de iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi. Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, 5(11), 106-129.

Demirci, E. (2019). Endüstri 4.0 sürecinde dijital dönüşüm ve sosyoekonomik yansımalar bağlamında insan kaynaklarının dönüşümü: Disiplinler arası bir yaklaşım. Doktora tezi. Marmara Üniversitesi. Türkiye.

Dokuz, A. Ş. ve Çelik, M. (2017). Bulut bilişim sistemlerinde verinin farklı boyutları üzerine derleme. Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 316-338.

Ege Bölgesi Sanayi Odası, “Sanayi 4.0” Araştırma Müdürlüğü, Ekim-2015, 7-15.

Emhan, A. (2009). Risk yönetim süreci ve risk yönetmekte kullanılan teknikler. Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 23(3), 209-220.

Gahi, Y., Guennoun, M. ve Mouftah, H. T. (2016, 27-30 Haziran). Big Data Analytics: Security Andprivacy challenges. 2016 Ieee Symposium On Computersand Communication (Iscc), Messina, Italy, 952-957

Kavzoğlu, T., Şahin, E. K. (2012). Bulut bilişim teknolojisi ve bulut cbs uygulamaları, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Gebze, Kocaeli.

Kılış, I. (2016). İş Sağlığı Ve Güvenliği, 2. Baskı, Dora Yayıncılık, Bursa. S.6.

Mrugalskaand B., Wyrwicka M. K. (2017). Towardslean Production InIndustry 4.0, Procedia Engineering, Vol. 182, pp. 466- 473.

Öz, S., Onursal, F. S., & Terzioğlu, C. (2020). Sektörlerin ve Mesleklerin Geleceği. OHS Academy İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi, 55-61.

Özdoğan, O. (2017). Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları, İstanbul: Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık.

Özfirat, M. (2009). Robotik sistemler ve madencilikte kullanımının araştırılması. TÜBAV Bilim Dergisi, 2(4), 412-425.

Özkiliç, Ö. (2005). İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. Tisk Yayınları, Ankara

Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(1), 41-64.

Öztürk, K., Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ’ya genel

bir bakış. Takvim-İ Vekayi, 6(2), 25-36.

Pala, Z. (2007). RFID Teknolojisi İle Otomasyon Bir Uygulama Olarak: Otopark Takibi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van-Türkiye,

Pamuk, N. S., Soysal, M. (2018). Yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. Verimlilik Dergisi, (1), 41-66.

Partners, N. (2012): Big data executive survey: creating a big data environment to accelerate business value. New Vantage Partners.

Altınışik, R. (2015). Büyük veri: Fırsatlar kaynağı mı yoksa yeni sorunlar yumağı mı?.Yıldız Social Science Review, 1(1), 45-76.

Schwab, K. (2016). Dördüncü sanayi devrimi. (Çev. Zülfü Dicleli). İstanbul: Optimist Yayınları.

Thamesand L., Schaefer D. (2016). Software- Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0, ProcediaCırp, Vol. 52, pp. 12-17.

Torun, N. K., Cengiz, E. (2019). Endüstri 4.0 bakış açısının öğrenciler gözünden teknoloji kabul modeli (tkm) ile ölçümü. Uluslararası İktisadi Ve İdari İncelemeler Dergisi, (22), 235-250.

URL-1. <https://Www.Xtrlarge.Com/2017/05/11/Microsoft-Yapay-Zeka-İs-Guvenligi> (Erişim tarihi.10/05.21)

URL-2. <https://Www.Borusanlojistik.Com/Tr/Haberler/Borusan-Lojistik-Limanda-Simulasyon-Mkezi-İle-Bir-İlke-İmza-Atti> (Erişim tarihi.11/05.21)

URL-3. <https://www.blogfesto.com/endustri-4-0-ortaya-cikisi-ve-temel-taslari/> (Erişim tarihi.10/05.21)

URL-4.<https://www.kenanyelken.com/wp-content/uploads/2018/07/Resim4.jpg> (Erişim tarihi.10/05.21)

URL-5. <https://www.otonomfabrika.com/rfid-teknolojisi-ve-rfid-sistemi-bilesenleri/> (Erişim tarihi.14/05.21)

URL-6. <https://www.aybilbilisim.com.tr/rfid/urunler/giyilebilir-teknolojiler/proglove-mark> (Erişim tarihi.14/05.21)

URL-7. <http://www.areateknoloji.com.tr/rfid-cozumler/chainway-r5-giyilebilir-rfid-okuyucu> (Erişim tarihi.16/05.21)

URL-8. <https://www.cmu.edu/news/stories/archives/2018/december/rfid-tag-tracking.html> (Erişim tarihi.18/05.21)

URL-9. <https://holonext.com/artirilmis-gerceklik-ar-nedir/?lang=trv> (Erişim tarihi.19/05.21)

# *Takvim-i Vekayi*

Yılmaz, M. (2017). Hata türü ve etkileri analizi ve tekstil sanayisinde bir uygulama. Doktora tezi. İstanbul Kültür Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İstanbul.

Yılmaz, B. S. (2000). Hata Türü ve Etki Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, c. 2, s. 4, 133-150.