



International
SOCIAL SCIENCES
STUDIES JOURNAL



SSSjournal (ISSN:2587-1587)

Economics and Administration, Tourism and Tourism Management, History, Culture, Religion, Psychology, Sociology, Fine Arts, Engineering, Architecture, Language, Literature, Educational Sciences, Pedagogy & Other Disciplines in Social Sciences

Vol:5, Issue:52
sssjournal.com

pp.7121-7132
ISSN:2587-1587

2019
sssjournal.info@gmail.com

Article Arrival Date (Makale Geliş Tarihi) 15/10/2019 | The Published Rel. Date (Makale Yayın Kabul Tarihi) 18/12/2019
Published Date (Makale Yayın Tarihi) 18.12.2019

ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİNİN AHP VE DEMATEL YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF INDUSTRY 4.0 COMPONENTS WITH AHP AND DEMATEL METHODS

Prof. Dr. Umman Tuğba GÜR SOY

İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5143-4058>

Doç.Dr. Özlem AKÇAY KASAPOĞLU

İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4098-6057>

Ar.Gör. Cem GÜRLER

Yalova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Yalova/TÜRKİYE
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-6726>

Dr. Şeyma BOZKURT UZAN

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3527-3730>



Article Type : Research Article/ Araştırma Makalesi

Doi Number : <http://dx.doi.org/10.26449/sss.1960>

Reference : Gürsoy, U.T., Akçay Kasapoğlu, Ö., Gürler, C. & Bozkurt Uzan, Ş. (2019). "Endüstri 4.0 Bileşenlerinin AHP ve Dematel Yöntemleri İle İncelenmesi", International Social Sciences Studies Journal, 5(52): 7121-7132.

ÖZ

Endüstri 1'den Endüstri 4.0'a kadar olan zaman diliminde gelişen birçok teknoloji üretimi kolaylaştırmak ve verimliliğini arttırmak amaçlı kullanılmıştır. Üreticiler sektörlerinin ihtiyaçları doğrultusunda arz talep dengesini karşılamak adına gerek insan, gerek makina gerek ise bilişimsel anlamda mücadelelerini sürdürmektedirler. Endüstri 4.0, işletmelerin ve endüstrilerin içinde yaşanan gelişmelere ayak uydurmak zorunda oldukları, aksi takdirde rekabet gerisinde kalabilecekleri bir yapıdır. Mevcut çalışmada AHP ve Dematel metodları kullanılarak, Endüstri 4.0 sürecinde en çok önem verilen kriterlerin tespiti amaçlanmıştır. Yönetim Bilişim Sistemleri bölümü öğrencilerine düzenlenen anket sonuçları neticesinde, Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği ve Dematel yöntemleri ile Endüstri 4.0 temel bileşenleri arasında önemli olan kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, AHP, Dematel

ABSTRACT

Many technologies developed over the period of Industry 1 to Industry 4.0 have been used to facilitate production and increase productivity. Producers continue their struggles in terms of both human, machine and informatics in order to meet the supply and demand balance in line with the needs of their sectors. Industry 4.0 has a sanction in which businesses and industries have to keep up with the developments within them, otherwise they may fall behind the competition. The present study aimed to determine the most important criteria in the Industry 4.0 process by using AHP and DEMATEL methods. As a result of the surveys conducted to the students of the Department of Management Information Systems, the weights of the criteria that are important and the main components of Industry 4.0 were calculated by the Analytical Hierarchy Process Technique (AHP) and The DEMATEL method.

Keywords: Industry 4.0, AHP, Dematel

1. GİRİŞ

Birinci sanayi devrimi su ve buhar gücünün endüstriyel üretimde kullanılmasıyla, ikinci sanayi devrimi elektrik enerjisinin kütleli üretimde etkisini göstermesiyle, üçüncü sanayi devrimi ise bilgi işlem teknolojilerinin üretimdeki otomasyonu sağlayacak şekilde uyarlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Ancak Dördüncü sanayi devrimi diğer adıyla Endüstri 4.0 diğer sanayi devrimlerinden farklı olarak siyasi, ekonomik ve sosyal istikrarlılık sonucu ortaya çıkmamıştır. Dünya çapındaki tüm devletler Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) döneminde meydana gelen gelişmelerden ilham alarak bu devrimi oluşturmak için girişimlerde bulunmuş, geniş çaplı araştırmalar yapmıştır (Banger, 2018). Bu nedenle Endüstri 4.0 sanayi devriminin bir devrim mi yoksa bir gelişim mi sorusu hala yanıt aramaktadır. Ancak çoğu kaynağa göre Endüstri 4.0 bir devrim olarak tanımlanmamaktadır. Endüstri 3.0 ise meydana gelen gelişmelerin kaçınılmaz bir sonucudur.

Endüstri 4.0 ilk olarak 2011 yılında Alman hükümeti tarafından düzenlenen Hannover fuarında dile getirilmiştir. Bosch şirket yöneticisi Siegfried Dias ve SAP AG firması üst düzey yöneticilerinden Hennig Kagerman tarafından oluşturulan çalışma grubu ile fikir hayata geçirilmiştir (Görçün, 2017). Akabinde Endüstri 4.0 yaklaşımı dünyadaki diğer ülkelere sıçramaya ve yayılmaya başlamıştır. Ancak farklı ülkeler ve şirketler Endüstri 4.0 olgusunu farklı isimlerle gündemine almıştır. Örneğin Almanya çoğunlukla Endüstri 4.0 terimini kullanırken Avrupa Birliği ve İngilizce'nin hakim olduğu ülkeler Nesnelere İnterneti (IOT) ismini kullanmayı tercih etmiştir (Kagermann vd. 2013). Çin Endüstri 4.0'ın teknolojik gelişmelerine ayak uydurmak için "Made in China 2025" ismi verilen stratejik bir plan geliştirmiştir (Liu, 2016). Japonlar toplumun değerleri üzerinde teknolojik gelişmelerin entegrasyonu olan "Society 5.0 terimini kullanmaktadır (Wang vd., 2016). Dolayısıyla sürecin her ülkenin teknolojiyi kullanma kapasitesine, gelecek beklentilerine, sosyal ve ekonomik yapısına göre değişen anlayış biçimleri ortaya çıkmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi ile beraber meydana gelmesi beklenen gelişmeler şöyle sıralanmaktadır:

- Robotların çalışanlarla uyumlu çalışma standartına sahip olması, üretim endüstrisinde otonom robot ve makinelerin kullanılmasıyla makinelerin değişimlere kolaylıkla uyum sağlaması (Stock ve Seliger, 2016),
- Sürdürülebilir kaynak tasarrufu ile verimliliğin artması ve maliyetlerin azalması (Selek, 2016),
- Otomasyon sistemleri ile donatılmış sektörlerde çalışan işçi sayısında azalma meydana gelmesi ve çalışanların eğitim seviyelerinin yükselmesi,
- Önümüzdeki 10 yıl içerisinde insan beyninin çalışma kapasitesine sahip bilgisayarların geliştirilmesidir (Türkiye Blog, 2016).

Endüstri 4.0 ile reel dünyada akıllı objeler olarak ifade edilen cihazlar, fabrikalar, fiziksel makineler, ürünler, mallar, sensörler, yazılım ve bilgi teknoloji sistemleri yazılım, sensörler ve IT sistemlerini kullanarak birbiriyle iletişim ve bağlantı kurabileceklerdir (Lasi vd., 2014; Rüßmann vd., 2015). Bu yeni teknolojiler işletmelerin üretim sistemlerini daha iyi planlamak ve kontrol etmek, kaliteli tahmin yeteneğini geliştirmek için topluma ve işletmelere yeni avantajlar verecektir (Industrial Internet Consortium Fact Sheet, 2013). Endüstri 4.0 işletmeler ve endüstriler üzerinde yaşanan gelişmelere ayak uydurmak zorunda oldukları aksi takdirde rekabet gerisinde kalabilecekleri bir yapıya sahiptir. Bu yüzden işletmeler devamlılığını sağlayabilmesi için bu sürece ayak uydurmak zorunda kalacaktır (Görçün, 2017). İşletmelerin bu süreçte gelişmeleri yakından takip etmesi, Endüstri 4.0'ın temel bileşenleriyle entegre bir sistem kurmaya yönelik yatırımları gündeme alması gerekmektedir. Günümüzde bu konuda işletmeleri bilinçlendirmeye yönelik Endüstri 4.0 zirve konferansları düzenlenmekte olup dünyanın her yerinden katılımcı çekmektedir. Endüstri 4.0 sadece dijitalleşme, yapay zeka, 3D yazıcılar ve nanoteknoloji gibi konseptlerle sınırlı olmayacaktır. Dördüncü sanayi devriminin çalışma şartları, devlet yönetimi, yeni iş sahaları, istihdam, sosyal güvenlik ve ticaret sendikaları dahil birçok alanı etkileyeceği tahmin edilmektedir (Öztuna, 2017). Bununla birlikte özellikle geçiş aşamasında yaşanacak bazı güçlüklerin ve problemlerinde meydana geleceği bilinmelidir. Bu açıdan süreç tüm özellikleriyle ele alınmalı özellikle sisteme entegre işgücü istihdamı ön planda olmalıdır.

2. LİTERATÜR

Endüstri 4.0, özellikle Hindistan gibi gelişmekte olan ülkeler için nispeten yeni bir kavramdır ve işin doğru anlaşılması ve uygulanması için net bir tanımlamaya ihtiyaç duyar. Bu çalışma, Endüstri 4.0 inisiyatifleri için temel zorlukları tanımayı ve Hindistan imalat sanayii perspektifini alarak gelişmekte olan ekonomilerde tedarik zinciri sürdürülebilirliği ve etkin Endüstri 4.0 için belirlenen temel zorlukları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Luthra ve Mangla'nın çalışması (2018), kapsamlı bir literatür taraması kullanarak tedarik zinciri sürdürülebilirliğini geliştirmek için Endüstri 4.0 girişimlerinin 18 temel zorluğunu ortaya koymaktadır. Bu zorluklar, Hint imalat sektöründen alınan 96 anket ile analiz edilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi tekniği ile belirlenen zorluklar ağırlıklandırılmış ve sıralanmıştır (Luthra ve Mangla, 2018).

Nesnelerin İnterneti (IoT) son yıllarda büyük ilgi gören bir kavramdır. Luthra ve diğerleri (2018) Hint bağlamında IoT sistemlerinin uygulanmasındaki zorlukları tanımak ve analiz etmek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Literatür araştırması ve uzmanların görüşleri ile IoT kavramının benimsenmesi ve yayılması konusunda dokuz zorluk tespit edilmiştir. Bu zorlukların analiz edilmesi için Gri İlişkisel Analiz (GRA) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yaklaşımları kullanılmıştır. Bu çalışma, uygulayıcıların ve politika yapıcıların engelleri başarılı bir şekilde benimsemesi ve ortadan kaldırmalarına yardımcı olabilir (Luthra, Garg ve Mangla, 2018).

Geleneksel tedarik zincirleri, belirsizlik, maliyet, karmaşıklık ve hassas sorunlar gibi çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Bu sorunların üstesinden gelmek için tedarik zincirleri daha akıllı olmalıdır. Verileri, bilgileri, ürünleri, fiziksel nesnelere, tedarik zincirinin tüm süreçlerini birleştirmek ve akıllı bir altyapının oluşturulması için, nesnelerin (IOT) interneti kullanılmaktadır. Abdel-Basset ve diğerleri (2018) çalışmalarında, tedarikçiler ve yöneticiler için yeni bir web sitesi hazırlamışlar ve yeni bir sistem önermişlerdir. Önerilen tedarik zinciri yönetimi sisteminin güvenlik kriterlerini değerlendirmek için AHP kullanmışlardır (Abdel-Basset, Manogaran ve Mohamed, 2018).

Nesnelerin İnterneti (IoT), son yıllarda yaygın olarak kullanılan bir terimdir ve internete veri bağlayıcı veri aktarabilen nesnelere tanımlar. IoT ile ilgili bazı ürünler piyasada mevcut olsa da, güvenlik sorunları, güven eksikliği ve IoT'nin anlaşılması gibi üstesinden gelinmesi gereken bazı sorunlar vardır. Ly ve diğerleri (2018) çalışmalarında, IoT ile ilgili işletmeler için başarılı IOT sisteminin oluşturulmasında etkili faktörleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma, bulanık küme teorisini ve IOT'deki etkili faktörleri değerlendirmek için Analitik Hiyerarşi Prosesini (AHP) kullanan kural tabanlı bir karar destek mekanizması geliştirmektedir (Ly, Lai, Hsu ve Shih, 2018).

Liao ve diğerleri (2017), çalışmalarında imalat alanında birlikte çalışabilirlik konusunu ele almışlardır. Sanayi 4.0 olarak da bilinen dördüncü sanayi devrimi ile ilgili araştırma konuları, tüm dünyada hükümet ve kuruluşlar tarafından desteklenmektedir. Dördüncü sanayi devrimi döneminde birlikte çalışabilirliğin rolü nedir? sorusu son dönemde gündemdedir. Bu makalenin amacı, bu soruya bilimsel ve kanıta dayalı bir cevap vermektir (Liao, Ramos, Saturno, Deschamps ve Szejka, 2017).

Akademik açıdan, Endüstri 4.0 bağlamında birlikte çalışabilirlikle ilgili temel kavramları keşfetmek için sistematik bir literatür taraması gerçekleştirilmiş ve AHP tekniği ile bir anket uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, yeni endüstri devrimi dalgasında, gelecekte birlikte çalışabilirlik araştırması için bir temel olarak kullanılabilir (Liao, Ramos, Saturno, Deschamps ve Szejka, 2017).

Var olan bir üretim sistemindeki otomasyon sistemlerinin, bileşenleri arasındaki birlikte çalışabilirlik düzeyinin analizi, Endüstri 4.0 ile hizaya getirilmesi için geliştirilmesinde ilk adımı temsil etmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri ile birlikte çalışabilirlik seviyesinin analizi, çözümü değerlendirmek ve sınıflandırmak için yardımcı bir araçtır. Saturno ve diğerleri (2017) bu çalışmada, bu değerlendirme için AHP yöntemini, literatürden ölçütler ve uzman deneyimlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Yöntemin uygulanması, yatırım kararlarını yönlendirebileceğini göstermektedir (Saturno, Ramos, Polato, Deschamps, Loures, 2017).

Bir analitik araç olarak veri madenciliğinin kullanımı son yıllarda artmaktadır. Endüstri 4.0 gibi yeni imalat paradigmasının ortaya çıkması birçok küçük üreticinin bu güçlü tekniklere yönelmesine sebep olmuştur ancak Endüstri 4.0'ın pratik anlamda uygulanması hala gelişim sürecindedir. Dolayısıyla küçük çaplı üretim işletmelerinin birçoğu bu teknolojiye ulaşamamaktadır. Oliff ve Liu'nun çalışması

(2017), ortaya çıkan bu yeni paradigmalardan mevcut üretim süreçleriyle birleştirilmesi metodlarına odaklanmaktadır. Özellikle Endüstri 4.0 çatısı altında veri madenciliği prensipleri akıllı üretim konseptini keşfetmeye başlamak için nasıl kullanılabilir? konusuna değinmektedir ve fabrikaların gelecek yıllarda Endüstri 4.0 teknolojisine nasıl taşınacağı konusunda daha öte bir anlayış sağlamaktadır (Oliff ve Liu, 2017).

Bugün bir Endüstri 4.0 fabrikasında makineler işbirlikçi bir topluluk olarak görülür. Böyle bir gelişim, belirsizliği açıklamak amacıyla veri sistematik bir şekilde bilgiye dönüşebilsin diye ileri tahmin araçlarının kullanımını gerektirir ve böylece daha bilinçli kararlar verilir. Siber-fiziksel sistem tabanlı üretim ve servis yenilikleri iki kaçınılmaz trenddir ve üretim endüstrisinde ilgi uyandırmaktadır. Lee ve diğerlerinin çalışması (2014) büyük veriyi yönetmek için akıllı tahmin bilişim araçlarının hazır durumda olmasının yanısıra büyük veri çevresindeki üretim servis dönüşüm trendlerini ve böylelikle üretkenlik ve şeffalıkta sağlanan başarıyı vurgular (Lee, Kao ve Yang, 2014).

Büyük ölçekli veriye dayalı bir tasarım şekli bugünün rekabetçi piyasalarında daha etkili ve verimlidir. Ürün taleplerinin çeşitliliği, değişen ürün karması, ürünlerin üretimden kaldırılması ya da ilave ürün gereksiniminden dolayı endüstriler güçlü ve sürdürülebilir olmaya ihtiyaç duymaktadır. Güçlü ve sürdürülebilir endüstri tasarımı, çeşitliliğin üstesinden gelebilir ve verilen zamanda ürünleri doğru ve hatasız üretebilmek için Endüstri 4.0' a giden ilk adım olarak görülür. Endüstri 4.0' a yönelik tasarım şekli oluşturmak için sürdürülebilir RSCFLP (Robust Stochastic Cellular Facility Layout Problem) yöntemi kullanılır.

Kumar ve diğerlerinin çalışmalarında (2018) veri, büyük verinin 3V bileşenleri olarak isimlendirilen hacim, çeşitlilik ve hız bileşenleriyle toplanmıştır. Verileri özgün değerlerine dayalı gruplandırmak için 100 uzman tarafından 14 farklı kriter tanımlanmış ve değerlendirilmiştir. Bu kriterler TOPSIS, IRP ve Weighted-IRP gibi niteliksel yaklaşımlar kullanılarak sıralandırılmıştır. Sonunda Endüstri 4.0 kavramına yönelik güçlü ve sürdürülebilir bir endüstri tasarımı seçmek için mutabık bir sıralamaya ulaşılmıştır (Kumar, Singh ve Lamba, 2018).

Karaoğlan'ın çalışmasında (2016), bir otelin fotoğrafçılık hizmetleri için dış kaynak kullanımı ile ilgili seçim problemi incelenmiştir. Kriter ağırlıkları ve kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

Karaoğlan ve Şahin'in çalışmasında (2016), satın alma sürecindeki kriterlerin ağırlıkları ve ilişkilerinin belirlenmesinde DEMATEL yöntemini kullanılmıştır.

Mangla'ın çalışması (2018), literatür taraması ile tedarik zinciri sürdürülebilirliğini geliştirmek için Endüstri 4.0 girişimlerinin 18 temel zorluğunu ortaya koymaktadır.

Raghuvanshi ve diğerlerinin çalışmasında (2017), kadın girişimciliğinin önündeki engelleri kriterleri açıkladıktan sonra, aralarındaki ilişkiyi araştırmıştır. Kriterler arasındaki sebep-sonuç ilişkisine dayanan bir çerçeve önerilmiştir. Bu araştırma için DEMATEL tekniği kullanılmıştır. Bu çalışmada analiz 14 engelden beşini nedensel olarak tanımlamaktadır. Bunlar şunlardır: eğitim eksikliği, deneyim ve eğitim olanakları; mekansal hareketlilik ve aile desteğinin eksikliği; kurumsal destek eksikliği; girişimcilik yönetimi eksikliği; ve finansal kaynakların elde edilmesinde yaşanan sorunlar.

Gandhi vd. çalışmasında (2016), yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasıyla ilgili başarı faktörlerinin, Hindistan imalat sanayi açısından değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Öncelikle çalışmada 24 başarı faktörü tanımlanmıştır. Daha sonra, bu başarı faktörlerini değerlendirmek için AHP ve DEMATEL yaklaşımını bir arada kullanılarak yapısal bir model geliştirilmiştir.

3. YÖNTEM ve BULGULAR

3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Mevcut çalışmada düzenlenen anket sonuçları neticesinde, Tablo1'de adımları gösterilen Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği kullanılarak, Endüstri 4.0 temel bileşenleri arasında önemli olan kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması ve bu ağırlıklar yorumlanarak, Endüstri 4.0 sürecinde en çok önem verilen kriterin tespiti amaçlanmıştır. Bu bağlamda Endüstri 4.0 kavramını oluşturan 9 adet temel kriter için her bir soruda iki kriter yer alacak şekilde toplam 36 soruluk anket düzenlenmiştir. Katılımcılara anket içeriği hakkında bilgilendirilmiş, katılımcı kendisine göre hangi kriter diğerine göre önemli ise, o kriter

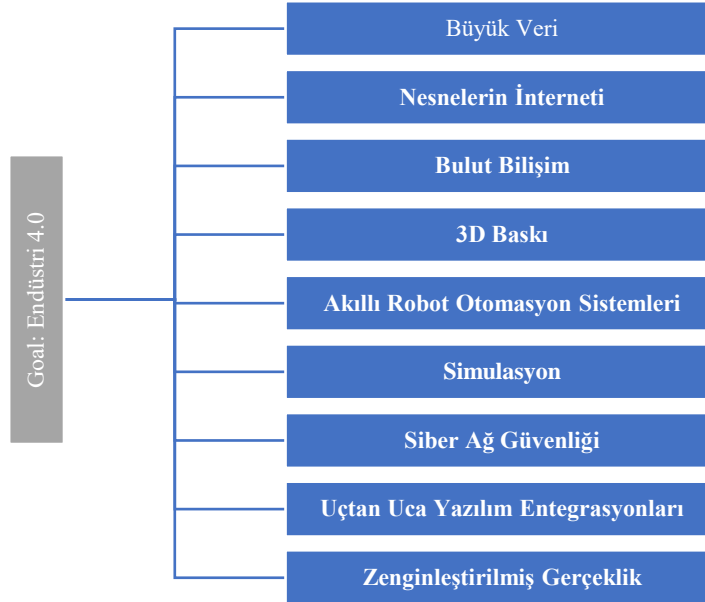
için tercihini kullanmış ve önem derecesine göre 1-9 arasında puan vererek ikili karşılaştırma yapmıştır. Anketler İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri bölümünde yüksek lisans yapan öğrencilere uygulanmış, konu ile ilgili teorik bilgi alan öğrencilerin Endüstri 4.0 kriterlerine verdikleri önem dereceleri AHP ve Dematel teknikleri ile belirlenmek istenmiştir.

Tablo 1: Analitik Hiyerarşi Prosesi Adımları

Adımlar	Açıklama
1) Karar verme problemi tanımlanması	İlk olarak problem tanımlanır ve hedefler belirlenir.
2) Problemin hiyerarşisi oluşturulması	Problemin tanımlanmasından sonra probleme ait alternatifler ve kriterler belirlenerek hiyerarşi oluşturulur.
3) İkili karşılaştırma matrisi oluşturulması $\begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix}$	Üçüncü adım olarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.
4) Özvektör oluşturulması $b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$ $w = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n}$	Sonrasında, her bir öğenin diğer öğelere göre önemini gösteren özvektörü hesaplanır.
5) Tutarlılık oranının (CR) hesaplanması $CR = CI/RI$	Tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır ve rassallık tablosuna bakılarak rassallık indeksine bölünerek tutarlılık oranı hesaplanır.
6) Tutarlılık değerlendirme	CR<0,10 ise karar matrisi tutarlı olarak kabul edilir, aksi durumda karar matrisi tutarsızdır.

Kaynak: Taş, M., Özlemiş, Ş. N., Hamurcu, M., & Eren, T. (2017). Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama karma modeli kullanılarak monoray projelerinin seçimi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2(2), 24-34.

Problem belirlendikten sonraki ilk adım hiyerarşik yapıyı oluşturmaktır. Hiyerarşik yapının en üst seviyesinde hedef, bir alt seviyede hedefi etkileyecek olan kriterler en altında ise alternatifler bulunur. Araştırmaya ilişkin hiyerarşik yapı aşağıdaki resimde gösterilmiştir.



Şekil 1: Hedef ve Kriterlerden Oluşan Hiyerarşi Modeli

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra tüm bileşenlerin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenebilmesi için bir anket düzenlenmiştir. Katılımcılar kriterleri ikili olarak karşılaştırarak kendileri için önem arz eden seçenek için Thomas Saaty tarafından oluşturulan 1-9 karşılaştırma ölçeğini kullanmıştır. Araştırma için toplam 20 adet anket düzenlenmiş ve her bir anket için 20 farklı karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Akabinde tüm karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranı belirlenmiş ve tutarlı olan anketlere verilen yanıtların geometrik ortalaması alınarak son ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 2: Geometrik ortalama sonucu elde edilen son ikili karşılaştırmalar matrisi

	otonom robotlar	simülasyon	sistem entegrasyonu	nesnelerin interneti	siber güvenlik	bulut işlemleri	katmanlı imalat	arttırılmış gerçeklik	büyük veri
otonom robotlar	1.00	1.26	0.67	0.64	0.17	0.56	1.99	1.05	0.57
simülasyon	0.80	1.00	0.67	1.02	0.19	0.63	1.00	0.77	0.47
sistem entegrasyonu	1.48	1.50	1.00	0.76	0.32	0.99	1.99	1.11	0.46
nesnelerin interneti	1.56	0.98	1.32	1.00	0.35	1.07	2.38	1.68	0.73
siber güvenlik	5.93	5.16	3.12	2.86	1.00	3.21	3.89	2.31	2.71
bulut işlemleri	1.78	1.59	1.01	0.93	0.31	1.00	1.05	1.01	1.23
katmanlı imalat	0.50	1.00	0.50	0.42	0.26	0.95	1.00	0.57	0.48
arttırılmış gerçeklik	0.95	1.30	0.90	0.60	0.43	0.99	1.76	1.00	0.55
büyük veri	1.77	2.11	2.17	1.38	0.37	0.81	2.08	1.81	1.00
TOPLAM	15.75	15.90	11.36	9.59	3.40	10.22	17.13	11.31	8.20

Tablo 2’ de verilen son ikili karşılaştırma matrisini öncelik vektörüne dönüştürmeden önce yapılacak işlem, matrisi normalize edilmiş matris haline dönüştürmektir. Normalize işleminin amacı ikili karşılaştırma vektöründeki her kolonun değerini aynı standart değer haline getirmektir. Bu şekilde diğerlerine göre daha üstün değerler arasındaki farklılık ortadan kalkmış olmaktadır. Normalize işlemi için her sütun toplamı alınmış ve her bir sütun değeri bulunan sütun toplamına bölünmüştür.

Tablo 3: Normalize edilmiş matris

	otonom robotlar	simülasyon	sistem entegrasyonu	nesnelerin interneti	siber güvenlik	bulut işlemleri	katmanlı imalat	arttırılmış gerçeklik	büyük veri
otonom robotlar	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05	0.05	0.12	0.09	0.07
simülasyon	0.05	0.06	0.06	0.11	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
sistem entegrasyonu	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.12	0.10	0.06
nesnelerin interneti	0.10	0.06	0.12	0.10	0.10	0.10	0.14	0.15	0.09
siber güvenlik	0.38	0.32	0.27	0.30	0.29	0.31	0.23	0.20	0.33
bulut işlemleri	0.11	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.06	0.09	0.15
katmanlı imalat	0.03	0.06	0.04	0.04	0.08	0.09	0.06	0.05	0.06
arttırılmış gerçeklik	0.06	0.08	0.08	0.06	0.13	0.10	0.10	0.09	0.07
büyük veri	0.11	0.13	0.19	0.14	0.11	0.08	0.12	0.16	0.12
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bu aşamadan sonra normalize edilmiş matristeki tüm elemanların satır ortalaması alınarak öncelik vektörü hesaplanmıştır. Bu işlem aynı zamanda kriterlerin ağırlık ortalamalarını göstermektedir.

Tablo 4: Kriterlerin öncelik vektörü

	Öncelik vektörü
otonom robotlar	0.07
simülasyon	0.06
sistem entegrasyonu	0.09
nesnelerin interneti	0.11
siber güvenlik	0.29
bulut işlemleri	0.10
katmanlı imalat	0.06
arttırılmış gerçeklik	0.09
büyük veri	0.13
	1.00

Son aşama olarak öncelik vektörü ile son ikili karşılaştırma matrisi çarpılarak “Tüm Öncelikler Matrisi” elde edilmiştir.

Tablo 5: Tüm öncelikler matrisi

	Tüm öncelikler matrisi
otonom robotlar	0.67
simülasyon	0.60
sistem entegrasyonu	0.84
nesnelerin interneti	0.99
siber güvenlik	2.73
bulut işlemleri	0.92
katmanlı imalat	0.53
arttırılmış gerçeklik	0.78
büyük veri	1.20

Bu adımda tüm öncelikler matrisinin her bir elemanı, öncelikler vektörü elemanlarına bölünerek yeni bir matris elde edilmiştir. Elde edilen bu yeni matris elemanlarının aritmetik ortalaması alınarak lambda değerine ulaşılmıştır.

Tablo 6: Lamda değerinin hesaplanması

Tüm öncelikler matrisi	öncelikler vektörü-satır ortalama	
0.67	0.07	9.21
0.60	0.06	9.23
0.84	0.09	9.22
0.99	0.11	9.20
2.73	0.29	9.32
0.92	0.10	9.31
0.53	0.06	9.19
0.78	0.09	9.18
1.20	0.13	9.24
	lamda değeri	9.23

Daha sonra aşağıdaki formül uygulanarak uyum oranı (CI) hesaplanmıştır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

Yukarıda belirtilen formül probleme uygulandığında; $CI = (9,23 - 9) / 8 = 0,029$ olarak bulunmuştur. En son adımda ise CI değeri RI değerine bölünerek CR uyum oranı hesaplanmıştır. 9 adet kriter sayısına karşılık RI değeri 1,45 'tir. Buradan yola çıkarak, $CR = CI / RI$ formülü yardımıyla tutarsızlık oranı hesaplanmış ve uyum oranı; $CR = 0,029 / 1,45 = 0,020$ olarak bulunmuştur. Tutarlılık oranının 0,10'dan küçük çıkması sonucu yapılan ikili karşılaştırmalarda tutarlı bir sonuç elde edildiği kanısına varılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırmalarda uyum oranı sağlandıktan sonra öncelik değerleri sıralamaya tabi tutulmuştur. Öncelik değerleri otonom robotlar için 0,07; Simülasyon için 0,06; Sistem entegrasyonu için 0,09; Nesnelerin İnterneti için 0,11; Siber güvenlik için 0,29; Bulut işlemleri için 0,10; Katmanlı İmalat için 0,06; Arttırılmış Gerçeklik için 0,09; Büyük Veri için 0,13 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak Siber güvenlik en ağırlıklı kriter olarak seçilmiştir. Büyük veri ikinci Nesnelerin İnterneti üçüncü kriter olarak belirlenmiştir.

Tablo 7: Kriterlerin Öncelikleri

		SIRALAMA
siber güvenlik	0.29	1
büyük veri	0.13	2
nesnelerin interneti	0.11	3
bulut işlemleri	0.10	4
sistem entegrasyonu	0.09	5
arttırılmış gerçeklik	0.09	6
otonom robotlar	0.07	7
simülasyon	0.06	8
katmanlı imalat	0.06	9

3.2. Dematel

Yapılan çalışmada kompleks ve içiçe geçmiş yapıdaki veriler ile çalışılırsa DEMATEL yöntemi en uygun yöntemdir. 1972-1976 yıllarında "Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü", "Bilim ve İnsan İlişkileri" programı tarafından geliştirilmiştir. (Gabus ve Fontela, 1972; Fontela ve Gabus, 1974, 1976).

Yöntemin en önemli faydalarından biri neden-sonuç ilişkilerini içermesidir. Yöntem, olaylı ve karmaşık ilişkilerin çözülmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Analizin her aşamasında tüm kriterleri, kriterlerin ilişkilerini, cinsini ve etkileşimlerini ayrıca alternatifleri de en iyi şekilde incelemektedir. Analiz esnasında dominant kriterler sebep kriterlerini, nondominant olan kriterler ise sonuç kriterlerini belirtmektedir. (Karaoğlan ve Şahin, 2016)

Kriter ağırlıklarını belirlemek için kullanılacak olan DEMATEL yöntemine ilişkin işlemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir: (Karaoğlan ve Şahin, 2016)

1.Adım; Kriterlerin karar vericiler tarafından belirlenmesinin ardından, kriterin ağırlıklarının belirlenmesi için bir anket düzenlenmiştir. Hazırlanan anket ikili karşılaştırmalar içermektedir ve Thomas Saaty tarafından oluşturulan 1-9 karşılaştırma ölçeğini kullanılmıştır. Bu ölçek Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8: İkili Karşılaştırma Ölçeği

ÖNEM DERECEŚİ	TANIM
1	Eşit Derecede Önemli
3	Orta Derecede Önemli
5	Kuvvetli Derecede Önemli
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli
9	Kesinlikle Daha Önemli
2, 4, 6, 8	Ara Değerler

2.Adım; Yapılan değerlendirmenin ardından, verilen puanların aritmetik ortalaması alınır. Ardından bu değerler matrise yerleştirilir ve köşegenleri “1” olan asimetrik bir matris elde edilir. Bu matrise direkt ilişki matrisi (X) adı verilir.

3. Adım: Daha sonra eşitlikte gösterildiği üzere her bir satır ve sütun toplamının en büyüğü bulunur ve bulunan değere “s” adı verilir. Ardından matrisin her bir elemanı “s” değerine bölünerek normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi (C) oluşturulur.

4. Adım: Direkt ilişki matrisi (C) birim matristen çıkarılır, tersi alınır ve tekrar C matrisi ile çarpılır. Böylelikle toplam ilişki matrisi (F) elde edilir.

$$F = C + C^2 + C^3 + \dots + C^9 = C (I - C)^{-1}$$

5. Adım: Bu adımda etkileyen ve etkilenen faktör gruplarının belirlenmesi ve net etki derecelerinin hesaplanması için, toplam ilişki matrisi (F) belirlendikten sonra satır ve sütun toplamları bulunur (Çınar, 2013, Karaoğlan, 2016). Elde edilen bu değerler her bir kriter için:

Her bir satır toplamı (D_i), kriterin diğer kriterleri doğrudan veya dolaylı etkilemesini, Her bir sütun toplamı (R_i) ise kriterin diğer kriterlerden doğrudan veya dolaylı etkilenme toplamını belirtir.

Her bir kriter için $D_i + R_i$ gönderilen ve alınan toplam etki değerini,

Her bir kriter için $D_i - R_i$ ise kriterin sisteme yaptığı toplam etkiyi gösterir.

$D_i + R_i$ kriterin sistem içindeki önemini belirtir.

$D_i - R_i$ değeri pozitif ise etkileyen, negatif ise etkilenen olarak nitelendirilir.

6. Adım: Bu aşamada matrisin eşik değeri (Toplam İlişki Matrisinin Ortalaması) belirlendikten sonra etki yönlü dağılım grafiği çizilir. Eşik değerin üzerindeki kriterler etkileyen olarak belirlenir ve diyagramda etki yönü ok ile belirtilir. Herhangi kriterin kendisini de etkilemesi durumu da diyagramda gösterilir. Oklar, etkileyenden etkilenene doğru oluşur. Eşik değer uzmanlar tarafından belirlenebilir. Bunun mümkün olmaması durumunda toplam ilişki matrisinin (F) ortalaması alınarak da belirlenebilir.

7. Adım: Kriter ağırlıklarının elde edebilmek için, D_i+R_i ‘nin karesi ile D_i-R_i ‘nin karesinin toplamı kök içerisine alınır. Ardından her bir ağırlık, ağırlıkların toplamına bölünür. Böylelikle kriter ağırlıkları bulunmuş olur.

3.2.1 DEMATEL ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Uzmanların verdikleri puanların aritmetik ortalaması alınarak Tablo’da görülen “Direkt İlişki Matrisi” elde edilmiştir. Kriter değerleri matrise yerleştirilir ve köşegenleri “1” olan asimetrik bir matris elde edilir. Bu elde ettiğimiz matrise direkt ilişki matrisi (X) adı verilir.

Tablo 9: Direkt İlişki Matrisi (X)

Direkt İlişki Matrisi	otonom robotlar	simülasyon	sistem entegrasyonu	nesnelerin interneti	siber güvenlik	bulut işlemleri	katmanlı imalat	arttırılmış gerçeklik	büyük veri
otonom robotlar	1	1,26	0,67	0,64	0,17	0,56	1,99	1,05	0,57
simülasyon	0,8	1	0,67	1,02	0,19	0,63	1	0,77	0,47
sistem entegrasyonu	1,4	1,5	1	0,76	0,32	0,99	1,99	1,11	0,46
nesnelerin interneti	1,56	0,95	1,32	1	0,35	1,07	2,83	1,68	0,73
siber güvenlik	5,93	5,1	3,12	2,86	1	3,21	3,89	2,31	2,71
bulut işlemleri	1,79	1,59	1,01	0,93	0,31	1	1,05	1,01	1,23
katmanlı imalat	0,5	1	0,5	0,42	0,26	0,95	1	0,57	0,48
arttırılmış gerçeklik	0,95	1,3	0,9	0,6	0,43	0,99	1,76	1	0,55
büyük veri	1,77	2,11	2,17	1,39	0,37	0,81	2,08	1,81	1

“Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi (C)” matrisinin satır toplamları ile sütun toplamlarının en büyük değeri olan “Siber Güvenlik” satırına ait olan 30,13 değeri “s değeri” olarak belirlenmiştir. Maksimum değer (s), matrisin her bir elemanına bölünerek normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi (C) oluşturulur.

Tablo 10: Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisleri

Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi	otonom robotlar	simülasyon	sistem entegrasyonu	nesnelerin interneti	siber güvenlik	bulut işlemleri	katmanlı imalat	arttırılmış gerçeklik	büyük veri
otonom robotlar	0,03318951	0,04181879	0,022236973	0,02124129	0,00564222	0,01858613	0,06604713	0,03484899	0,01891802
simülasyon	0,02655161	0,03318951	0,022236973	0,0338533	0,00630601	0,02090939	0,03318951	0,02555592	0,01559907
sistem entegrasyonu	0,04646532	0,04978427	0,033189512	0,02522403	0,01062064	0,03285762	0,06604713	0,03684036	0,01526718
nesnelerin interneti	0,05177564	0,03153004	0,043810156	0,03318951	0,01161633	0,03551278	0,09392632	0,05575838	0,02422834
siber güvenlik	0,19681381	0,16926651	0,103551278	0,094922	0,03318951	0,10653833	0,1291072	0,07666777	0,08994358
bulut işlemleri	0,05940923	0,05277132	0,033521407	0,03086625	0,01028875	0,03318951	0,03484899	0,03352141	0,0408231
katmanlı imalat	0,01659476	0,03318951	0,016594756	0,0139396	0,00862927	0,03153004	0,03318951	0,01891802	0,01593097
arttırılmış gerçeklik	0,03153004	0,04314637	0,029870561	0,01991371	0,01427149	0,03285762	0,05841354	0,03318951	0,01825423
büyük veri	0,05874544	0,07002987	0,072021241	0,04613342	0,01228012	0,0268835	0,06903419	0,06007302	0,03318951

Toplam ilişki matrisi $F = C + C^2 + C^3 + \dots + C^9 = C(I - C)^{-1}$ işlemi ile elde edilir.

Tablo 11: Toplam İlişki Matrisi

Toplam İlişki Matrisi	otonom robotlar	simülasyon	sistem entegrasyonu	nesnelerin interneti	siber güvenlik	bulut işlemleri	katmanlı imalat	arttırılmış gerçeklik	büyük veri
otonom robotlar	0,03432887	0,04364392	0,022742702	0,02170227	0,00567423	0,01893811	0,07071784	0,03610729	0,01928281
simülasyon	0,02727583	0,03432887	0,022742702	0,03503951	0,00634603	0,02135593	0,03432887	0,02622616	0,01584626
sistem entegrasyonu	0,04872955	0,0523926	0,034328871	0,02587674	0,01073465	0,03397392	0,07071784	0,03824948	0,01550388
nesnelerin interneti	0,05460273	0,03255655	0,045817425	0,03432887	0,01175285	0,03682037	0,103663	0,05905097	0,02482993
siber güvenlik	0,24504132	0,20375549	0,115512773	0,10487715	0,03432887	0,1192422	0,14824695	0,08303379	0,09883297
bulut işlemleri	0,06316161	0,05571128	0,034684066	0,03184932	0,01039571	0,03432887	0,03610729	0,03468407	0,04256055
katmanlı imalat	0,01687479	0,03432887	0,016874789	0,01413665	0,00870439	0,03255655	0,03432887	0,01928281	0,01618887
arttırılmış gerçeklik	0,03255655	0,04509192	0,030790284	0,02031832	0,01447811	0,03397392	0,06203736	0,03432887	0,01859364
büyük veri	0,06241185	0,07530335	0,077610873	0,04836465	0,0124328	0,02762619	0,0741533	0,06391243	0,03432887

Tablo 12: Etkilenen ve Etkileyen Faktör Grupları

Etkilenen ve Etkileyen Faktör Grupları	D	R	D+R	D-R
otonom robotlar	0,27313806	0,58498309	0,858121147	-0,311845
simülasyon	0,22349015	0,57711285	0,800603	-0,3536227
sistem entegrasyonu	0,33050753	0,40110448	0,731612016	-0,070597
nesnelerin interneti	0,4034227	0,33649349	0,739916184	0,06692921
siber güvenlik	1,15287152	0,11484764	1,26771916	1,03802388
bulut işlemleri	0,34348276	0,35881606	0,702298824	-0,0153333
katmanlı imalat	0,19327659	0,63430133	0,827577916	-0,4410247
arttırılmış gerçeklik	0,29216898	0,39487587	0,687044847	-0,1027069
büyük veri	0,47614431	0,28596779	0,762112098	0,19017652

Tablo 13: Kriter Ağırlıkları Tablosu

Kriter Ağırlıkları Tablosu			
	karekök(D/R) $\sqrt{D.R}$	Kriterlerin Ağırlıkları	Kriter Öncelikleri
otonom robotlar	2,751755022	0,03198565	6
simülasyon	2,264003394	0,02631616	7
sistem entegrasyonu	10,36322388	0,12045931	3
nesnelerin interneti	11,05520515	0,12850271	2
siber güvenlik	1,221281303	0,01419584	9
bulut işlemleri	45,80218662	0,5323922	1
katmanlı imalat	1,876488658	0,0218118	8
arttırılmış gerçeklik	6,689374639	0,07775548	4
büyük veri	4,007393159	0,04658085	5
toplam	86,03091182	1	

Son aşamada DEMATEL yöntemi ile uzman görüşlerine dayanılarak elde edilen kriter ağırlıkları ve kriter öncelikleri Tablo 13'te görülmektedir. DEMATEL yöntemi kullanılarak hesaplanan kriterlerin önem sırasına bakıldığında, Bulut işlemleri öğrenciler arasında en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Nesnelerin interneti ikinci, sistem entegrasyonu ise üçüncü önemli kriter olarak tespit edilmiştir.

Tablo 14'te AHP ile hesaplanan kriter ağırlıkları ve DEMATEL ile hesaplanan kriter ağırlıkları birlikte incelenmiştir.

Tablo 14: Kriter Ağırlıkları Tablosu

Kriter Ağırlıkları Tablosu		
	DEMATEL	AHP
otonom robotlar	0,03	0,07
simülasyon	0,03	0,06
sistem entegrasyonu	0,12	0,09
nesnelerin interneti	0,13	0,11
siber güvenlik	0,01	0,29
bulut işlemleri	0,53	0,1
katmanlı imalat	0,02	0,06
arttırılmış gerçeklik	0,08	0,09
büyük veri	0,05	0,13

4.SONUÇ

Bu çalışmada geçmişten günümüze tarihsel kronoloji baz alınarak Sanayi devrimleri üzerinde durulmuş, devrimlerin toplum yaşamına etkilerinden bahsedilmiş ve son olarak içinde bulunduğumuz çağın devrimi olan Endüstri 4.0 devrimine yer verilmiştir. Sürekli gelişen teknolojik gelişmelerin ve bilgi işlem dünyasında meydana gelen yeniliklerin neticesinde Endüstri 4.0 kavramı, küresel rekabet ortamında ayakta kalmak isteyen endüstriyel işletmelerin dikkatini çekmeye başlamıştır. Bunun neticesinde Endüstri 4.0 sürecini iyi kavramak ve Endüstri 4.0 kavramını oluşturan temel kriterleri özümsemek ve iş sürecine dahil etmek önemli hale gelmiştir. Çalışmada Endüstri 4.0 temel bileşenleri hakkında detaylı bilgi verilmiş her bir kriterin işletmeye kattığı avantajların yanısıra dezavantajlarından da bahsedilmiştir. Bu avantaj ve dezavantajlar göz önüne alındığında hangi kriterin diğerine göre daha ön planda olduğu problemi ele alınmış ve AHP yöntemi ile Endüstri 4.0 temel kriterleri incelenmiştir.

Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü yüksek lisans öğrencileri için düzenlenen 20 adet anket sonucu AHP yöntemi ile değerlendirildiğinde Siber Güvenlik en çok önem verilen kriter olarak belirlenmiştir. İkinci sırada büyük veri ve üçüncü sırada Nesnelerin İnterneti kriterlerine ağırlık verildiği görülmüştür.

Endüstri 1'den Endüstri 4.0'a kadar olan zaman diliminde birçok teknoloji günümüzde kullanılmaya başlanmıştır. Üreticilerin birden fazla alanda faal olduğunu, bu sektörlerin ihtiyaçları doğrultusunda arz talep dengesini karşılamak için birtakım teknolojileri geliştirdiğini görmekteyiz. Teknoloji geliştiren bu üreticiler aslında sadece o teknolojiye ve kullanıma yönelik ürünler geliştirmektedirler. İster kurumsal olarak şirketlerde kullanılan teknolojiler olsun, ister tüketicilerin kullandıkları ya da

kamuda sokakta akıllı şehir için kullanılan teknolojiler olsun birtakım riskler söz konusudur. Bu durum siber güvenlik şirketlerinin iştahını kabartmaktadır.

Dünyada böyle bir pazar payı azımsanmayacak kadar fazladır ve gün geçtikçe artmaktadır. İletişim çağı ilerledikçe riskler ve açıklar da bir o kadar artmaktadır. Bulut bilişimle altyapı ve uygulamaları sanallaştırmada kurumlara ne kadar kolaylıklar sağlasa da istismar yolları da bir o kadar gelişmektedir. Yapay zekâ ve makine öğreniminde kullanım kolaylığı ve alışkanlıkları öğrenmesinin yanında birçok güvenlik riski ortaya çıkmaktadır. Endüstrinin tüm bileşenleri için benzer örnekler verilebilir. Siber güvenlik adı altında birçok güvenlik adımları vardır. Ama bunların en önemlilerinden bir tanesi sosyal mühendisliktir. Siber güvenlik teknik olarak OSI modellerindeki layer 1 yani fiziksel katmandan başlasa da, günümüzde saldırıların hedefinde ilk sırada bilinçsiz kullanıcılar ve onların kurumlarında sahip olduğu yetkileri hedef alınmaktadır. Kurumlar bulut bilişime ya da endüstriyel alanda elektronik cihazlara ve daha birçok sayamadığımız alanda milyonlarca dolar yatırımlar yapmaktadır. Kullanıcıların verilerini en iyi şekilde saklamak hızlı ve güvenilir hizmet vermek birinci öncelikleridir. Çünkü en ufak bir sızıntı da bulut bilişim, endüstriyel cihazlar, yapay zekâ gibi Endüstri 4.0'ın diğer bileşenlerine yapılan milyonlarca dolarlık yatırım bir anda kayıp olmuş olabilir.

KAYNAKÇA

Abdel-Basset, M., Manogaran, G.& Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems, *Future Generation Computer Systems*, 86, 614-628.

Aksakal, E., Dağdeviren, M. (2010) “Anp ve Dematel Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 25, No 4, 905-913.

Banger G. (2018) : Endüstri 4.0 Ekstra Darlion yayınları, 2.baskı, Eskişehir.

Fontela, E., Gabus, A. (1974) “DEMATEL, innovative methods. Report no. 2 structural analysis of the world problematique”, *Battelle Geneva Research Institute*, 67-69.

Gandhi, S., Mangha S.K., Kumar, P., Kumar, D. (2016) “A Combined Approach Using AHP And DEMATEL For Evaluating Success Factors In Implementation Of Green Supply Chain Management In Indian Manufacturing Industries”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, Volume 19, Issue 6, 537-561.

Görçün, Ö.F. (2017): Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0, Beta Yayınları, İstanbul.

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion*.

Karaoğlan, S., Şahin, S. (2016) “DEMATEL ve AHP Yöntemleri İle İşletmelerin Satın Alma Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım, DSLR Kamera Örneği”, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, Cilt 8, No 2, 359-375.

Kumar, R., Singh, S.P. & Lamba, K. (2018). Sustainable robust layout using Big Data approach: A key towards industry 4.0, *Journal of Cleaner Production*, 204, 643-659.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0, *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.

Lee, J., Kao, H.A. & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. Product Services Systems and Value Creation. Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, *Procedia CIRP*, 16, 3 – 8.

Liao, Y., Ramos, L.F.P., Saturno, M., Deschamps, F. & Szejka, A.L. (2017). The Role of Interoperability in The Fourth Industrial Revolution Era, *IFAC Papersonline*, 50 (1), 12434-12439.

Liu, S. X. (2016). Innovation design: made in China 2025, *Design Management Review*, 27(1), 52-58.

Luthra, S. & Mangla, K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies, *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168–179.

- Luthra, S., Garg, D. & Mangla, K. (2018). Analyzing challenges to Internet of Things (IoT) adoption and diffusion: An Indian context, *Procedia Computer Science*, 125, 733-739.
- Ly, P.T.M., Lai, W.H., Hsu, C.W. & Shih, F.Y. (2018). Fuzzy AHP analysis of Internet of Things (IoT) in enterprises, Fang-Yin Shih, *Technological Forecasting & Social Change*, 136, 1-13.
- Oloff, H. & Liu, Y. (2017). Towards Industry 4.0 Utilizing Data-Mining Techniques: a Case Study on Quality Improvement, The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, *Procedia CIRP*, 63, 167 – 172.
- Öztuna, B. (2017) Dördüncü Sanayi Devrimi İle Çalışma Yaşamının Geleceği. Ankara: Gece Kitaplığı.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries, *Boston Consulting Group*, 9.
- Saturno, M., Ramos, L.F.P., Polato, F., Deschamps, F. & Loures, E.F. (2017). Evaluation of interoperability between automation systems using multi-criteria methods, *Procedia Manufacturing*, 11, 1837–1845.
- Selek, A. (2016). Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk. Erişim Adresi: [http://www. endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/\(5.12.2017\)](http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/(5.12.2017)).
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing-Decoupling Growth From Resource Use, *Elsevier B.V.*, 536-541.
- Taş, M., Özlemiş, Ş. N., Hamurcu, M., & Eren, T. (2017). Analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama karma modeli kullanılarak monoray projelerinin seçimi, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), 24-34.
- Wang, X., Li, L., Yuan, Y., Ye, P., & Wang, F.-Y. (2016). ACP-based Social Computing and Parallel Intelligence: Societies 5.0 and Beyond. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 377-393.
- Industrial Internet Consortium Fact Sheet. (2013). Retrieved http://www.iiconsortium.org/docs/IIC_FACT_SHEET (13.02.2018)
- Türkiye Blog. (2016). Dördüncü Sanayi Devriminin Fırsatları: <https://geturkiyeblog.com/dorduncu-sanayi-devriminin-firsatlari/> (Erişim Tarihi: 05.02.2019).