

## Endüstri 4.0'a Geçiş Sürecinin Analitik Ağ Süreci ile Değerlendirilmesi

Ali ÖZKAYA

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale, Türkiye  
[alozkaya26@gmail.com](mailto:alozkaya26@gmail.com)

Şeyda GÜR

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale, Türkiye  
[seydaaa.gur@gmail.com](mailto:seydaaa.gur@gmail.com)

Tamer EREN

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale, Türkiye  
[tamereren@gmail.com](mailto:tamereren@gmail.com)

### Özet

21. yüzyılın ilk çeyreğinde Endüstri 4.0 kavramının dünya literatürüne girmesiyle birlikte üretim yöntemleri ve süreçleri değişmiştir. Tedarik zinciri 4.0, lojistik 4.0, toplum 4.0 gibi birçok alanı da etkisi altına almıştır. Dördüncü sanayi devrimiyle birlikte yeni teknolojiler ve tanımlamalar ortaya çıkmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde ve özellikle Türkiye'de endüstri 4.0 uygulamaları için işletmelerin bilgi sahibi olmaya ve endüstri 4.0'ı entegrasyon süreci için tanımaya ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmada da Endüstri 4.0'a geçiş sürecindeki temel zorlukları tanımayı amaçlamaktadır. Literatür taraması yapılarak ve uzmanların görüşleri doğrultusunda dört adet kriter ve yirmi adet alt kriter tespit edilmiştir. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden analitik ağ süreci yöntemi ile kriterlerin ve alt kriterlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Kurum ve yöneticiler kriterler ağırlıklarını işletmelerine göre yorumlayıp endüstri 4.0'a geçiş süreçlerini hızlandırmaları için stratejiler belirleyebileceklerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, çok ölçütlü karar verme, analitik ağ süreci

## Evaluation of the Transition Process to Industry 4.0 With Analytical Network Process

### Abstract

In the first quarter of the 21st century, with the introduction of the concept of Industry 4.0 into the world literature, production methods and processes have changed. Supply chain 4.0, logistics 4.0, society 4.0 has affected many areas such as. With the fourth industrial revolution, new technologies and definitions have emerged. In developing countries, and especially in Turkey need to have knowledge of business practices for industry 4.0. At the same time, industry 4.0 needs recognition for the integration process. In this study, it aims to recognize the main difficulties in the transition process to Industry 4.0. Four criteria and twenty sub-criteria were determined by literature review and according to the opinions of experts. The importance of the criteria and sub-criteria were determined by the analytical network process method which is one of the multi criteria decision making methods.

**Keywords:** Industry 4.0, Multi Criteria Decision Making Methods, Analytical Network Process.



## 1.Giriş

Birinci sanayi devrimi buharlı makinelerin icadıyla başlamıştır. İkinci sanayi devrimi Fordist dönem olarak anılmaktadır. Üçüncü sanayi devrimi bilgisayarların devreye girmesiyle başlamıştır. Son olarak 2011 yılında dördüncü sanayi devrimiyle teknolojik gelişmeler devam etmektedir (Süzal, 2017).

Gelişmekte olan ülkelerin en büyük problemlerinden biri sanayi akımlarını doğru zamanda yakalayamamasıdır. Dördüncü sanayi devrimi ile fabrikalar, robot teknolojileri gibi birçok alandaki çalışmalara yoğunlaşarak insan yükünü ve hata oranlarını düşürerek ürünün birim maliyetlerinde azalmayı hedeflemiştirlerdir. Gelişen ülkelerin Endüstri 4.0 akımına hızlı bir şekilde ayak uydurarak tesislerini bu yönde düzenleyerek ekonomilerini güçlendirmektedir. Bu çalışmada da işletmelerin endüstri 4.0'a geçiş süreçlerinde karşılaştıkları sorunlara odaklanılmıştır. Bu sorunların altında yatan temel nedenler araştırılmıştır. İşletme yöneticilerinin karşılaşılan sorunların net bir şekilde tanımlayıp bu sorunları önem derecelerine göre öncelik vererek stratejik adımlarını planlamaları gerekmektedir. Bu noktada bu çalışmada endüstri 4.0 geçiş sürecinde Türk imalat sektöründe yer alan firmaların yaşayabileceği sorunlar literatür taraması ile belirlenmiştir. Belirlenen kriter ve alt kriterlerin değerlendirilmesinde, literatürde araştırmacılara niteliksel faktörleri niceliksel olarak analiz etmeye yardımcı olan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Kriterler arasındaki etkileşimlerden ve geri beslemelerden faydalanarak değerlendirmeye yardımcı olan analitik ağ süreci yöntemi kullanılmıştır. Uzmanların görüşleri dikkate alınarak ikili karşılaştırma matrisleri kurulmuş ve kriterlerin önem dereceleri hesaplanmıştır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde Sanayi Devrimleri ve Endüstri 4.0 hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan yöntem olan Analitik Ağ Süreci hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde ise uygulama yapılmıştır. Dördüncü bölümde sonuçlara yer verilmiştir.

## 2. Yöntem

### 2.1. Sanayi Devrimleri

18. Yüzyılda tarlalardan fabrikalara büyük bir göç hareketi oluşmuştur. Bu göç hareketi büyük bir hızla yayılmaya başlamıştır. James Watt'ın buhar makinesinin icadıyla aynı yakıtla dört kat daha az enerji kullanmış ve hacimce küçük olan bu makine birinci sanayi devriminin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Süzal, 2017). 19. yüzyılın ortalarına gelindiğinde ise üretimde elektriğin kullanılmasıyla ve elektriğin montaj hatlarını yönlendirmesiyle ikinci sanayi devrimi başlamıştır. Üretimde elektriğin kullanılmasıyla birlikte Henry Ford'un geliştirdiği ve bunu otomotiv sektörüne uygulayarak bant tipi üretim tarzına geçilmiştir. Üretim hacminin artmasıyla birlikte maliyetler ve fiyatlarda düşmeye başlamıştır (Özkan vd., 2018). 20 yüzyılda üçüncü sanayi devrimi ile birlikte makineler artık bilgisayarlar kontrolünde çalışmaya başlamıştır. Yazılım destekli üretimlerin başlamasıyla birlikte üretim süreçleri otomasyonlara

bağlanmıştır. Japonya, Çin ve Güney Kore ülkelerin otomasyon alanına yapmış oldukları yatırımlar sonucunda hızlı bir şekilde kalkınma sağladıkları görülebilmektedir (Gökten, 2018).

21. Yüzyılın başlarına gelindiğinde ise bilişim ve iletişim teknolojilerindeki önemli gelişmeler ve internetin yaygın kullanımı ve yazılımın alanındaki önemli gelişmeler akıllı sistemlerin gelişmesine neden olmuştur. Dijital ve fiziksel sistemler arasında bağlantı kuran, insan faktörünü devre dışı bırakan üretim süreçlerini kurgulayabilen yeni üretim sistemlerine dördüncü sanayi devrimi ya da endüstri 4.0 denilmektedir (Soylu, 2018).

Endüstri 4.0, 21. yüzyılda Almanya'nın önderliğinde, uzun dönemli rekabet avantajının sağlanması amacıyla ortaya çıkmıştır. (Müller vd., 2018). Endüstri 4.0, birbirleriyle bağımsız bir şekilde iletişim kurabilen teknoloji ve cihazlara dayanan üretim süreçlerinin organizasyonunu ifade etmektedir. Bu organizasyon geleceğin "akıllı" fabrikası olarak tanımlanan, bilgisayar tarafından yönlendirilen sistemlerin fiziksel süreçleri izlediği, fiziksel bir sanal kopyasını oluşturduğu, kendi kendini örgütleme mekanizmalarına dayalı, otonom kararlar alabilen bir yapıyı anlatmaktadır (ITRE, 2016).

İşletmeler açısından endüstri 4.0'ın önemi, yaratılan sinerjiyle birlikte kaynakları hızlı, kolay ve hatasız ulaşım avantajını elde etmelerinden kaynaklanmaktadır (Soysal ve Pamuk, 2017). Sanayi sektöründe bilişim teknolojilerinin kullanılmaya başlamasını sağlayan endüstri 4.0 ile insan gücü geri planda kalmaya başlamış ve makine kontrolü artmıştır. Endüstri 4.0 kapsamında robotların üretim süreçlerinde ön plana çıkması öne çıkan unsurların başındadır (Hermann vd., 2015; Pereira ve Romero 2017).

Literatürde Endüstri 4.0 ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde: Lee vd. (2014) yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0 ile büyük verileri yönetmek için akıllı öngörücü bilişim araçlarının hazır olma ve böylece şeffaflığı ve üretkenliği sağlama eğilimlerini incelemişlerdir. Foidl ve Felderer (2015) yaptıkları çalışmalarında Avusturya elektronik imalat hizmetleri şirketinin Endüstri 4.0'ın zorluklarını ve kalite yönetimini incelemişlerdir. Roblek vd. (2016) yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0'ın ve dolayısıyla internet bağlantılı teknolojilerin kuruluşlar ve toplum için katma değer yaratmadaki önemi ve etkisi üzerine incelemişlerdir. Stok ve Selinger (2016), yaptıkları çalışmalarında 4. Sanayi Devriminde sürdürülebilir bir üretim için fırsatlar incelemişlerdir. Liao vd. (2017) yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0'ın mevcut eksiklikleri konusunda araştırma yapmışlardır. Lu (2017) yaptığı çalışmada Endüstri 4.0 hakkında kapsamlı bir derleme yapar ve mevcut literatürleri inceleyerek Endüstri 4.0'ın içeriği, kapsamı ve bulgularına genel bir bakış sunmuştur. Kiel vd. (2017) yaptıkları çalışmalarında IoT teknolojisi ve Endüstri 4.0 zorluklarını incelemişlerdir. Müller vd. (2017) yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirliği için fırsatları ve zorlukları incelemişlerdir. Yang vd. (2017) yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0'ın etkisiyle büyük veri işlemenin özelliklerini ortaya koymaktadır ve aktif olarak endüstriyel

büyük veri işleme tabanlı öngörücü bakımı incelemişlerdir. Sevinç vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında küçük ve orta ölçekli işletmelerde kabul edilen Endüstri 4.0'ın itme kuvvetlerini analiz etmektedirler. Vaidya vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0'ın dokuz ayağını anlamak ve uygulamaları ile birlikte Endüstri 4.0'ın uygulanmasında ortaya çıkan zorlukları ve sorunları belirlemek ve Endüstri 4.0 ile ilgili yeni eğilimleri ve akışları incelemektedirler. Uslu vd. (2019) yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0'a geçmek isteyen bir şirketin stratejilerinden hangisini seçmesi gerektiğini çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile belirlenmiştir. Aynı zamanda Uslu vd. (2019) küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin endüstri 4.0 entegrasyon süreçlerinde yaşadıkları zorlukların analizini ve değerlendirmesini yapmışlardır.

## 2.2. Analitik Ağ Süreci

Çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) yöntemleri analitik yöntemler topluluğu olarak bilinmektedir. Karar verme sürecinde karar vericinin, çelişen kriterler arasındaki farklı özelliklere sahip alternatifler kümesinden bir ya da birden fazla alternatif seçimi yahut bu alternatiflerin önem derecesine göre sıralanmasında kullanılmaktadır.

Gerçek hayatta karşılaşılan sorunlarda karar verme problemlerinin büyük bir kısmında ölçütler arasındaki karşılıklı etkileşimler karmaşık bağımlılıklar ve geri bildirimler vardır (Saaty ve Vargas, 2006). Saaty'nin geliştirdiği analitik ağ süreci (AAS) yöntemi, ÇÖKV yöntemlerinden biridir (Dağdeviren ve Yüksel, 2007). AAS yönteminde tek yönlü ilişki yerine içsel-dışsal bağımlılıklara, karşılıklı etkileşimlere ve geri beslemelere dikkat edilmektedir. AAS yönteminde faktörler diğer faktörlere bağlı olabildikleri gibi kendi içlerinde de bağlı olabilmektedir (Kocalay vd., 2004). Analitik Ağ Süreci yöntemi dört ana adımdan oluşmaktadır (Dağdeviren vd., 2005):

1-Amacın Belirlenmesi ve Modelin Oluşturulması: Kriterler ve alternatifler belirlenmektedir. Etkileşim ve bağımlılıklar dikkate alınarak ağ yapısı oluşturulmaktadır.

2-İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması ve Özvektörün Hesaplanması: 1-9 skalası ile ikili karşılaştırma yapılmaktadır. İkili karşılaştırma tutarlılık oranının 0,1 küçük olduğu takdirde değerlendirmelerin yeterli olduğu kabul edilmektedir.

3-Ağırlıklandırılmış Süper Matrisin Hesaplanması: Ağırlıklandırılmamış süper matristeki değerlerin ağırlıklarıyla çarpılması sonucu elde edilmektedir.

4-Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Seçimi: Kriterlerin ve alternatiflerin nihai öncelikleri hesaplanmaktadır. Nihai öncelikler, her kümenin normalize edilmesi ile hesaplanır. Hem kriterlerin hem alternatiflerin öncelikleri belirlenmektedir.

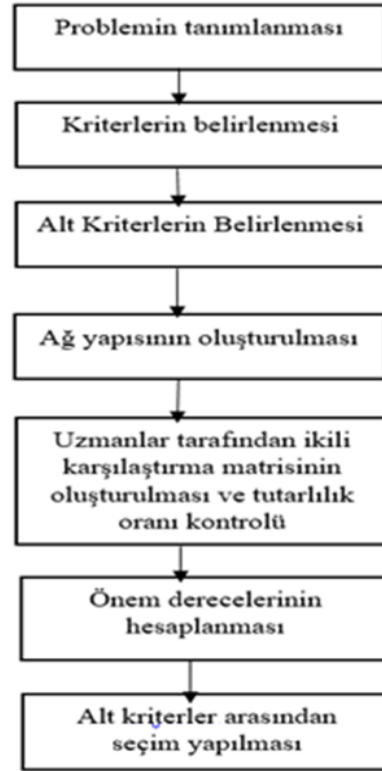
Literatürde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Karar vericiler ele aldıkları problem yapısına göre yöntemlerin uygulama gücünden faydalanmaktadır. Uygulama alanlarına bakıldığında, Gür vd. (2017);

Hamurcu ve Eren (2017) ulaştırma sektöründe, Özcan vd. (2017a); Özcan vd. (2017b); Özder vd. (2019) enerji sektöründe, Eren ve Gür (2018); Yeşilyurt vd. (2019) sağlık sektöründe çalışmalar yaptığı görölmektedir.

### 3. Bulgular

#### 3.1 Problemin tanımlanması

Firmaların Endüstri 4.0'a geçişi hem zaman hem de yüksek bütçe gerektirmektedir. Yapılan yanlış hesaplamalar geçişi süresini arttırabilir hatta yapılan yatırımın boşa gitmesine neden olabilir. Artan rekabet koşulları arasında dünya pazarında yer alan firmalar hızla kendilerini dördüncü sanayi devrimine adapte etmeye başlamışlardır. Türk imalat sektöründe yer alan firmalar dünya pazarında yer alan firmalarla rekabet edebilmek için Endüstri 4.0 akımının gerekliliklerini yerine getirebilmelidir. Yapılacak olan yatırımın doğru bir şekilde yapılması geçişi sürecini hızlandırmaktadır. Bu çalışmada Türk imalat sektöründe yer alan firmaların dördüncü sanayi devrimine geçişi sürecini hızlandırmak ve gereksiz yatırımlardan kurtarmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın adımları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Uygulama adımları

#### 3.2. Kriter ve alt kriterlerin belirlenmesi

Kriter ve alt kriterler literatür taraması yapılarak ve bilişim alanında uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda tespit edilmiştir. Dört ana kriter ve yirmi alt kriterden oluşmaktadır. Paket programında kullanılacak kısaltma kodlarıyla birlikte Tablo 1'de açıklanmaktadır.

Tablo 1. Kriterlerin ve alt kriterler

Kriter Adı ve Kodu	Alt Kriter Adı	Açıklama	Yazar/Yıl	Kodu
Organizasyon (C1)	Finansal kısıtlamalar	İşletme kuruluşları arasında gelişmiş ekipman ve makineler açısından yeteneklerini geliştirmek için çok önemli bir zorluk olduğu kabul edilmektedir.	Dawson (2014)	C11
	Düşük yönetim desteği ve özveri	Etkili bir Endüstri 4.0 konsepti geliştirmek için yönetim değişiklikleri kabul etme konusunda destek olmalı.	Gökalp vd. (2017)	C12
	Endüstri 4.0' a karşı isteksiz davranış	Endüstrilerin çoğu hala Endüstri 4.0 konusyla ilgili bilgili ve emin değildir.	Müller vd. (2017)	C13
	Kötü şirket dijital operasyon vizyonu ve misyonu	Endüstri 4.0, işletme operasyonlarına yenilikçi bir yaklaşım getiriyor ve özellikle dijitalleşme tarafından üretim organizasyonları net bir dijital operasyon vizyonu gerektiren dönüşüm sağlıyor.	Erol vd. (2016)	C14
	Yeni iş modellerini benimseme / uygulamada yetkinlik eksikliği	Bu anlamda, endüstrilerin yeni iş modellerini benimsemesi gerekiyor.	Khan vd. (2017)	C15
	Endüstri 4.0 uygulamaları konusunda düşük anlayış	Endüstri 4.0'ın etkileri konusunda çok az bir anlayış vardır.	Almada ve Lobo (2016)	C16
	Planlama eksikliği	Uygun talep planı ve yönergelerin eksikliği	Schrauf ve Bertram (2016)	C17
Yasal ve Etik Konular (C2)	Yasal konular	Endüstri 4.0'ın veri odaklı sürdürülebilir iş modelleri geliştirilmesinde veri gizliliği ve güvenlik konularının dikkate alınması gerekir.	Schröder (2016)	C21
	Koordinasyon ve işbirliği sorunu	Tedarikçilerle eşgüdüm ve işbirliği daha iyi olması için gereklidir.	Lee vd. (2014)	C22
	Güvenlik ve sorunları	Tedarik zincirlerinde saldırganlar tarafından sistemlere girerek sistemlere zarar vermesi.	Sommer (2015)	C23
	Profil oluşturma ve karmaşıklık sorunları	Son yıllarda tedarik zincirleri küreselleşmekte ve karakterize edilmektedir.	Erol vd. (2016)	C24

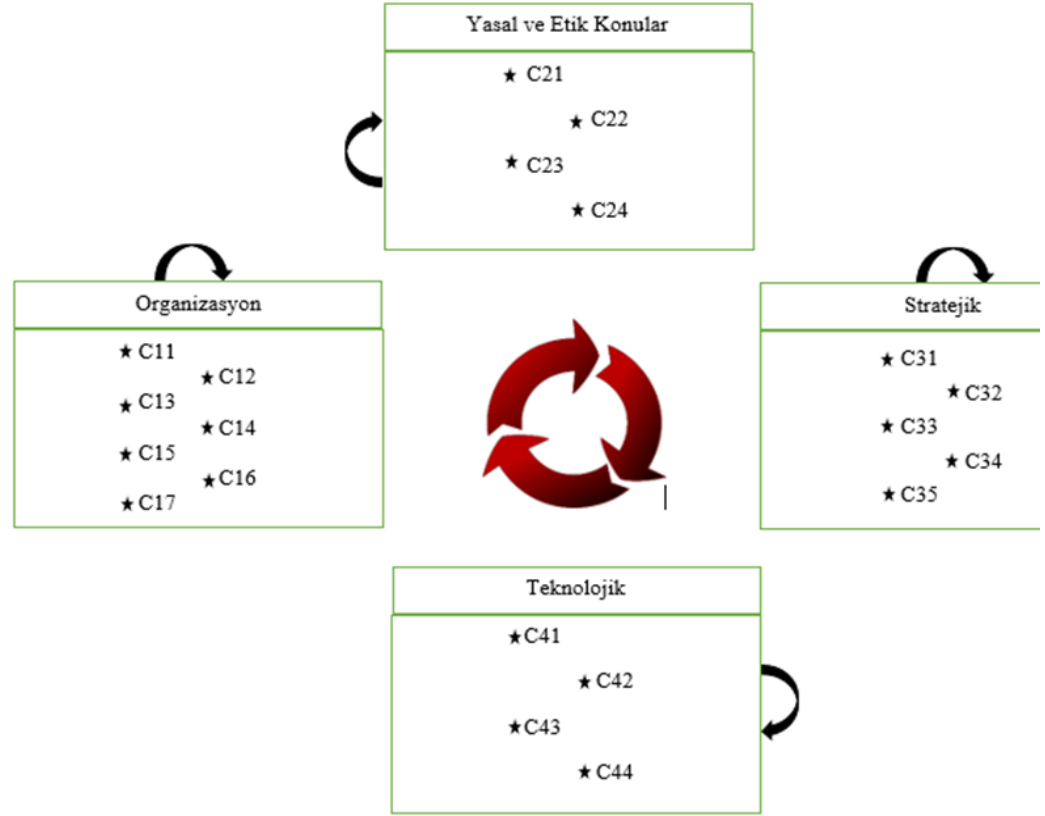
Tablo 1. Kriterlerin ve alt kriterler-devam

Kriter Adı ve Kodu	Alt Kriter Adı	Açıklama	Yazar/Yıl
Stratejik (C3)	Devlet desteği ve politikaların eksikliği	Devlet politikaları ve yönergeleri, Sanayi 4.0 aracılığıyla tedarik zinciri sürdürülebilirliğinin geliştirilmesinde büyük önem taşımaktadır.	TUSİAD (2016)
	Endüstri 4.0 benimseme konusunda zayıf araştırma ve geliştirme	Endüstri 4.0'ın benimsenmesinin çeşitli yönlerini ele almak üzerine odaklanmış bir araştırma eksikliği vardır.	Schmidt vd. (2015)
	Dijital yatırımların belirsiz ekonomik yararı	Açıkça tanımlanmış bir yatırım getirisi olmaması, tedarik zincirinde sürdürülebilirliği sağlamak için Endüstri 4.0 girişimlerinin önündeki en büyük zorluklardan biri olarak görülebilir.	Kiel vd. (2017)
	Dijital kültür eksikliği	Dijitalleştirme, Endüstri 4.0'ı iş ortamında başlatmak için en önemli gerekliliktir.	Ras vd.(2017)
	Tedarikçi ilişkileri	Mevcut performansı ve iyileştirme fırsatlarını daha iyi anlamak için standartlar üzerinde karşılıklı olarak anlaşılabilir standartları oluşturmak.	Xu (2014)
Teknolojik (C4)	Küresel standartların olmaması ve veri paylaşımı protokolleri	Bu konuda başarı elde etmek için, endüstrilerin küresel standartları ve veri paylaşma protokollerini izlemeleri gerekir.	Branke vd. (2016)
	Zayıf mevcut veri kalitesi	Veri kalitesi, kararların alınmasında en büyük gerekliliklerden biridir.	Santos vd. (2017)
	Teknoloji platformlarının entegrasyonu eksikliği	Teknolojinin entegrasyonu, etkili iletişim ve daha yüksek verimlilik için çok önemlidir.	Zhou vd. (2015)
	Altyapı ve internet tabanlı ağların eksikliği	Yüksek altyapı, bilgi teknolojisi tabanlı tesisler ve Endüstri 4.0 kavramlarının etkin bir şekilde benimsenmesinde çok önemlidir.	Bedekar (2017)

### 3.3. Problemin çözümü

Bu çalışmada analitik ağ süreci yönteminden yararlanılmıştır. Problem çözümünde Super Decisions paket programı kullanılmıştır. Uzman görüşleri dikkate alınarak ilişki matrisleri düzenlenmiştir. Şekil 2'de ayrıntılı analitik ağ süreci yapısı verilmiştir.





Şekil 2. Analitik ağ süreci ağ yapısı

İlişki matrisleri oluştururken alt kriterlerin birbiri ile olan ilişkilerine göre düzenlemiştir. Örneğin finansal kısıtlamaları devlet desteği ve politikalarıyla ilişkililyken yasal konular ilişkilendirilmemiştir.

Alt kriterlerin birbirine göre önem dereceleri belirlenmiştir. Tablo 2'de çözüm sonucunda elde edilen alt kriterlerin önem dereceleri gösterilmektedir. Uzman görüşlerinden faydalanılarak alt kriterlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ve ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıyla birlikte paket programın çözümü neticesinde öncelik tablosu oluşturulmuştur. Bu tablo ile birlikte en yüksek yüzdeye sahip olan alt kriterimiz ilk yatırım yapılması önceliğine sahiptir.

Tablo 2. Alt kriterlerin önem dereceleri

Alt Kriter Kodu	Yüzde	Alt Kriter Kodu	Yüzde
C22	55,34%	C15	17,01%
C44	39,26%	C11	16,82%
C34	35,28%	C42	16,74%
C24	31,45%	C12	15,52%
C33	26,98%	C21	10,59%
C43	22,92%	C35	9%
C41	21,06%	C32	8,82%
C31	19,80%	C16	8,67%
C17	19,57%	C13	5,15%
C14	17,23%	C23	2,61%



#### 4. Sonuç

Artan rekabet koşullarında dünya düzenine ayak uyduramayan firmalar ve ülkeler batma tehlikesi altına girerler. 2011 yılında Almanya'nın başlattığı dördüncü sanayi devrimi dünyada büyük bir yankı oluşturmuştur. Gelişmiş ülkelerde bulunan firmalar kendilerini çok hızlı bir şekilde adapte etmiştir. Üretim süreçleri, kullanılan makineler ve çalışan işçi sayıları değişmiştir. Bu adaptasyon sonucunda üretim maliyetleri hızlı bir şekilde düşmüştür.

67

Analitik ağ süreci yöntemi ile elde edilen çözüm sonuçlarına göre Tablo 2'de alt kriterlerin yüzde oranları verilmiştir. Yüzde oranları büyükten küçüğe: koordinasyon ve işbirliği sorunu, altyapı ve internet tabanlı ağların eksikliği, dijital kültür eksikliği, profil oluşturma ve karmaşıklık sorunları, dijital yatırımların belirsiz ekonomik yararı, teknoloji platformlarının entegrasyonu eksikliği, küresel standartların olmaması ve veri paylaşımı protokolleri, devlet desteği ve politikalarının eksikliği, planlama eksikliği, kötü şirket dijital operasyon vizyonu ve misyonu, yeni iş modellerini benimseme/ uygulamada yetkinlik eksikliği, finansal kısıtlamalar, zayıf mevcut veri kalitesi, düşük yönetim desteği ve özveri, yasal konular, tedarikçi ilişkileri, endüstri 4.0'ı benimseme konusunda kötü araştırma ve geliştirme, endüstri 4.0 uygulamaları konusunda düşük anlayış, endüstri 4.0'a karşı isteksiz davranış, güvenlik sorunları elde edilmiştir. Uzman görüşleri neticesinde, en yüksek orana sahip olan Koordinasyon ve işbirliği sorunun giderilmesine öncelik verilmesi gerekmektedir. Firmalarda bulunan farklı departmanların eşgüdümlü olarak çalışması gerekmektedir. Altyapı ve internet tabanlı ağların eksikliği, Endüstri 4.0'da üretim yöntemleri ve süreçleri değişecektir. Kullanılacak olan teknolojinin çalışması ve üretimin aksamaması için altyapının Endüstri 4.0'a göre düzenlenmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışma başka uzmanlar tarafından değerlendirildiğinde kendi kurumlarındaki ihtiyaçların farklılıklarından dolayı farklı sonuçlar elde edilebilir. Literatür taraması genişletilerek kriter ve alt kriterlerin sayısı arttırıla bilinir.

Ülkemizin Endüstri 4.0'a yatırım yapması gerekmektedir. Bu sayede gelişen ülkelerle yarışabilecek bir konuma gelebilir. Ülkemizde bulunan yerli firmalara Endüstri 4.0'a teşvik edecek faaliyetlerin arttırılması gerekmektedir. Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan veya çıkacak güncel mesleklerin eğitimlerine başlanılmalıdır. Endüstri 4.0'ın etkisiyle diğer ülkelerde bulunan üniversitelerde yeni açılan bölümlerin ve derslerin incelenerek ülkemizde yer alan üniversitelerin de o bölüm ve derslerin açılması gerekmektedir.

### Kaynakça

- Almada F. ve Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *J. Innov. Manage.* 3 (4), 16–21.
- Bedekar, A. (2017). Opportunities & Challenges for IoT in India, Online.
- Branke, J., Farid, S.S. ve Shah, N. (2016). Industry 4.0: a vision for personalized medicines supply chains?, *Cell Gene Ther. Insights* 2 (2), 263–270.
- Dağdeviren M. ve Yüksel I. (2007). Personnel Selection Using Analytic Network Process, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(6): 99-118.
- Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M. ve Dizdar, E. (2005). Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım, *Teknoloji*, 115-122.
- Dawson, T. (2014). Industry 4.0 Opportunities and Challenges for Smart Manufacturing, Online available at: <http://blog.ihs.com/q13-industry-40-opportunities-and-challenges-for-smart-manufacturing> (son erişim tarihi: 4 Mayıs 2019).
- Eren, T. ve Gür, Ş. (2018). Ameliyathanelerin Performanslarına Etki Eden Faktörlerin Bulanık AHP ile Değerlendirmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 197-204.
- Erol, S., Schumacher, A. ve Sihn, W. (2016). Strategic guidance towards Industry4.0-A three-stage process model. *International Conference on Competitive Manufacturing*, (son erişim tarihi: 5 Mayıs 2019).
- Foidl, H. ve Felderer, M. (2016). Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management, pp. 121-137, 2016.
- Gökalp, E., Sener, U. Ve Eren, P.E. (2017). Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. In: *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*, Springer, Cham, October, pp.128–142.
- Gökten, P. (2018). Karanlıkta Üretim: yeni Çağda Maliyetin Kapsamı, *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4);880-897.
- Gür Ş., Hamurcu M. ve Eren T. (2017). Ankara’da Monoray Projelerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve 0-1 Hedef Programlama İle Seçimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 437-443.
- ITRE (2016). Industry 4.0, European Parliament’s Committee on Industry, Research and Energy.
- Hamurcu M. ve Eren T. (2017). Raylı Sistem Projeleri Kararında AHS-HP Ve AAS-HP Kombinasyonu. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3 (3), 1-13.
- Hermann, M., Pentek, T. ve Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937). IEEE.
- Kiel, D., Müller, J., Arnold, C. Ve Voigt, K.I. (2017). Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0. In: *ISPIM Innovation*

Symposium, TheInternational Society for Professional Innovation Management (ISPIM). June, p.1.

Khan, M., Wu, X., Xu, X. Ve Dou, W. (2017). Big data challenges and opportunities in thehype of Industry 4.0. In: 2017 IEEE International Conference on Communications(ICC), May, IEEE, pp. 1-6.

Kocakalay, Ş., Özdemir, M.S. ve Işık, A. (2004). Analitik Serim Süreci Tekniği İle Pazar Payı Tahmini, Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, Gaziantep-Adana.

Lee, J., Kao, H.A. ve Yang, S. (2014). Service Innovation And Smart Analytics For Industry4.0 and Big Data Environment. Procedia CIRP 16, 3-8.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.D.F.R. ve Ramos, L.F.P. (2017). Past, present and futureof Industry 4.0-A systematic literature review and research agenda proposal. Int.J. Prod. Res. 55 (12), 3609-3629.

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A Survey On Technologies, Applications And Open Research Issues, Journal of Industrial Information Integration, 6, 1-10.

Müller, J., Dotzauer, V., Voigt, K.I. (2017a). Industry 4.0 and its impact on reshoringdecisions of German manufacturing enterprises. In: Supply ManagementResearch. Springer Gabler, Wiesbaden, pp. 165-179.

Müller, J.M., Maier, L., Veile, J. ve Voigt, K.I. (2017b). Cooperation strategies amongSMEs for implementing industry 4.0. In: Kersten, W. (Ed.), Proceedings of theHamburg International Conference of Logistics (HICL) ?23. Digitalization in Sup-ply Chain Management and Logistics, October 2017, Epubli, pp. 301-318 (ISBN:9783745043280).

Müller, J.M., O. Buliga ve K. Voigt. (2018). Fortune Favors the Prepared: How SMEs Approach Business Model Innovations in Industry 4.0. Technological Forecasting & Social Change, 132.

Özcan, E.C., Özcan, N.A. ve Eren, T. (2017). CSP Teknolojisine Sahip Güneş Enerjisi Santrallerinin Kombine ANP-PROMETHEE Yaklaşımı ile Seçimi, Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1 (1), 18-44.

Özcan, E.C., Ünlüsoy, S. ve Eren, T. (2017). ANP ve TOPSIS Yöntemleriyle Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi. Selcuk University Journal of Engineering, Science and Technology, 5 (2), 204-219.

Özder, E.H., Özcan, E.C. ve Eren, T. (2019). Staff Tasks Based Shift Scheduling Problem Solution with ANP and Goal Programming Method in A Natural Gas Combined Cycle Power Plant. Mathematics, 7(2), 192.

Özkan, M., Al, A. ve Yavuz, S. (2018). Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü Sanayi-Endüstri Devrimi'nin Etkileri Ve Türkiye, Siyasi Bilimler Dergisi, 1(1):1-30.

Pereira, A. C. ve F. Romero. (2017). A Review of the Meanings and the Implications of the Industry 4.0 Concept, Procedia Manufacturing, 13.

Ras, E., Wild, F., Stahl, C., Baudet, A. (2017). Bridging the skills gap of workers in indus-try 4.0 by human performance augmentation tools: challenges and

roadmap.In: Proceedings of the 10th International Conference on PErvasive TechnologiesRelated to Assistive Environments, ACM, pp. 428–432.

Roblek, V., Mesko, M. ve Krapez, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0, Sage Open, 6(2), 1-11.

Santos, M.Y., Esa, J.O., Costa, C., Galvao, J., Andrade, C., Martinho, B., Lima, F.V. ve Costa,E. (2017). A big data analytics architecture for Industry 4.0. In: World Con-ference on Information Systems and Technologies, April, Springer, Cham, pp.175–184.

Schmidt, R., Möhring, M., Harting, R.C., Reichstein, C., Neumaier, P. ve Jozinovic, P. (2015). Industry 4.0-Potentials for creating smart products: empirical researchresults. In: Proceedings of the International Conference on Business InformationSystems, June, Springer Cham, pp. 16–27.

Schrauf, S. ve Berttram, P. (2016). Industry 4.0: How Digitization Makes the Supply Chain More Efficient, Agile, and Customer-focused, Strategy.

Schröder, C. (2016). The challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. Friedrich-Ebert-Stiftung: Bonn, Germany.

Saaty, T.L. (1996). The ANP for Decision Making with Dependence and Feedback, USA: RWS Publications.

Saaty, T.L. ve Vargas, L. G. (2006). Decision Making With The Analytic Network Process Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks. Springer Science Business Media, LLC

Sevinç, A., Gür, Ş. ve Eren, T. (2018). Analysis of the Difficulties of SMEs in Industry 4.0 Applications by Analytical Hierarchy Process and Analytical Network Process, Processes, 6(12), 264.

Sommer, L. (2015). Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufactur-ing SMEs the first victims of this revolution?, J. Ind. Eng. Manage. 8 (5),1512–1532.

Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 32, 43-57.

Soysal, M. ve Pamuk, N. S. (2017). Yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. Verimlilik Dergisi, (1), 41-66.

Stok, T. ve Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry4.0. Procedia CIRP 40, 536–541.

Süzal, M. (2017). Dijital Dönüşümde Değişen Üretim Süreçleri Ve Yeni İş Modelleri. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı, Samsun

TÜSiAD, BCG. (2016). Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0. İstanbul.

Uslu, B., Gür, Ş. ve Eren, T. (2019). Endüstri 4.0 Uygulaması İçin Stratejilerin AAS ve TOPSIS Yöntemleri İle Değerlendirilmesi, Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B- Theoretical Sciences, 7(1), 13 – 28.

Uslu, B., Eren, T., Gür, Ş., Özcan, E.C. (2019). Evaluation of the Difficulties in the Internet of Things (IoT) with Multi-Criteria Decision-Making. Processes, 7(3), 164, 2019.

Vaidya, S., Ambad, P. ve Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse, Procedia Manufacturing, 20, 233-238.

Yan, J., Meng, Y., Lu, L. ve Li, L. (2017). Industrial Big Data in an Industry 4.0 Environment: Challenges, Schemes, and Applications for Predictive Maintenance, IEEE, 23484 – 23491.

Yeşilyurt, B., Karakuş, K., Gür, Ş. ve Eren, T. (2019). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri için Paket Programı Seçimi, Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3(1), 1-21.

Zhou, K., Liu, T. ve Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In: 12th IEEE International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), August, pp. 2147–2152.

Xu, J. (2014). Managing Digital Enterprise, Atlantis Press, Paris.

## Evaluation of the Transition Process to Industry 4.0 With Analytical Network Process

With the invention of steam engines, people from the fields began to migrate to factories. With the industrial revolutions, production methods and processes have started to change rapidly and with the introduction of technology, the time between industrial revolutions began to shorten. In fact, every industrial revolution has led to a reduction in the unit cost of the product and unnecessary waste. Under increasing competition conditions, companies that were not in the right industrial revolution at the right time gradually began to lose their effectiveness in the market and had to withdraw from the market. The success or failure of companies in the market began to affect the countries where they are located. The change in the import and export ratios affected the national economy. In fact, industrial revolutions affect countries, not firms. At the right time, we can define the countries where the firms that have captured the right industrial revolution are actually developed countries.

Industry 4.0 is the last of the industrial revolutions launched in 2011 in Germany. In the fourth industrial revolution, it uses technology and internet most intensively. With the fourth industrial revolution, the company aims to reduce the workload of blue-collar employees or reduce the number of blue-collar employees. With the fourth industrial revolution, it has undergone a radical change in production methods and production processes. It ensures the cooperation of all departments independent of each other in production processes. In this way, it decreases the unit cost of the product and increases its profit share. Companies in the Turkish manufacturing sector, which are active in our country, have to capture the industrial flows at the right time. In this way, under increasing competition conditions, they will be able to rise to the top positions by preserving their existing positions both in the domestic market and abroad. The rise in world markets will affect firms as well as the national economy.

An investment that requires high budget such as Industry 4.0 will reduce the transition time and cost of firms. Failure to make the investments correctly will perhaps prolong the transition to the fourth industrial revolution and even cancel the transition. False investments are likely to cause the company to fail. The investment must be made to the right departments and in the right order. Each firm may have different departments and the order to be invested. Specialists need to be very careful when choosing and during the department.

The analytical network process, which is one of the multi-criteria decision-making methods for the selection to be more accurate, is made. The significant difference of the analytical network process method from the other methods is that of internal external dependencies, interactions and feedback rather than one-way relationships. The analytical network process



method consists of four steps. These are: Determining the objective and constructing the model, calculating the eigenvector by constructing the binary comparison matrix, calculating the weighted super matrix and sorting the alternatives and choosing the best alternative. Criteria and sub-criteria must be determined correctly. While determining the criteria and sub-criteria, the literature was determined. Four main criteria were determined. In the determination of the four main criteria, it was determined by taking the opinions of experts (four academicians and one principal). The main criteria are; organization, legal and ethical issues, strategic and technology. After the main criteria were determined, the sub-criteria of the main criteria were determined. The selection of sub-criteria is as important as the main criteria. The sub-criteria are; poor research and development in adopting industry 4.0, lack of government support and policies, financial constraints, lack of competence to adopt / implement new business models, low understanding of industry 4.0 applications, problems of profiling and complexity, coordination and collaboration issues, infrastructure and internet based networks, lack of digital culture, uncertain economic benefit of digital investments, lack of integration of technology platforms, lack of global standards and data sharing protocols, lack of planning, poor company digital operation vision and mission, weak current data quality, low management support and dedication, legal issues include supplier relationships, reluctant behaviour towards industry 4.0, security issues. After determining the main criteria and sub-criteria, the network structure of the analytical network process was established. Network structure was made in accordance with the opinions of experts. Priority table was obtained with the formation of binary comparison matrices. Thus, the percentages of the sub-criteria were calculated. When the percentage ratios are sorted from big to small, the order of the sub-criteria to be invested is determined. This ranking is: the problem of coordination and cooperation, the lack of infrastructure and internet-based networks, the lack of digital culture, the problems of profiling and complexity, the uncertain economic benefit of digital investments, the lack of integration of technology platforms, the lack of global standards and data sharing protocols, the lack of government support and policies lack of planning, poor company digital operation vision and mission, lack of competence to adopt / implement new business models, financial constraints, poor existing data quality, low management support and dedication, legal issues, supplier relationships, poor research on adopting industry 4.0, and development, low understanding of industry 4.0 applications, reluctant behaviour against industry 4.0, security issues.

In this study, the most important constraint that needs to be invested is the problem of coordination and cooperation. Different departments need to move in a coordinated manner or at the same time. The second is the lack of infrastructure and internet-based networks. With the fourth industrial revolution, it is aimed to decrease the number of employees by providing internet connection of all the vehicles and machines used in the company. Delays in the internet network of the tools and machines to be used may slow production, create bottlenecks and even stop production. The third is



the lack of digital culture. Some of the companies in our country are manufacturing far from technology and digitalism. Therefore, companies need to be paved the way for digitalization. Security measures come last. With the fourth industrial revolution, systems are connected to internet networks. Unless the necessary security measures are taken, it can create huge problems in both production and management. For example, people or institutions that infiltrate the network as a result of insufficient security measures can easily change the production process of the company, the product produced, the raw material material used and the number of products used. Not only that, it can easily damage the management part. Companies in the Turkish manufacturing sector must be in the right industrial revolution at the right time to compete with both the domestic market and the companies in the world market. At the end of the first quarter of the 21st century, the fourth industrial revolution is dominant. By moving to Industry 4.0, companies in the manufacturing sector can reduce the import rate and increase the export rate in our country. In this way, the country can contribute to the economy.

As a result of expert opinions, most of the firms in the Turkish manufacturing sector are between the second industrial revolution and the third industrial revolution. The fact that some of the companies in the Turkish manufacturing sector make production in the old order may cause them not to find a place even in the domestic market in the coming years. Most of the firms still do not know what the fourth industrial revolution is. With the investments to be made in the fourth industrial revolution of the firms, it will cause decreases in unit costs of the product and decrease in waste and error rates. In short, the firm that produces the same product at a higher cost before the fourth industrial revolution will be able to produce it at a lower cost after the fourth industrial revolution. The result of this study may be different for each company. The importance of each company's needs in the transition to Industry 4.0 may vary. A more comprehensive literature review may increase the number of criteria and sub-criteria. The internal and external dependencies of the generated analytical network structure can be interpreted differently. The generated binary comparison matrices can also be interpreted differently. Rankings and percentages in severity levels may be different.