



# Türk İmalat Sanayinin Endüstri 4.0'a Geçiş Sürecini Olumsuz Etkileyen Faktörlerin Kalite Evi ve Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Analizi

Mehmet Ali Ilgın<sup>1\*</sup>, Buket Urkan<sup>2</sup>, Esra Kurtul<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1765-2470), [mehmetali.ilgin@cbu.edu.tr](mailto:mehmetali.ilgin@cbu.edu.tr)

<sup>2</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3952-4242), [buketurkan@gmail.com](mailto:buketurkan@gmail.com)

<sup>3</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7319-6046), [esrakurtul29@hotmail.com](mailto:esrakurtul29@hotmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 7 Temmuz 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ocak 2021)

(DOI:10.31590/ejosat.763553)

**ATIF/REFERENCE:** Ilgın, M.A., Urkan, B. & Kurtul, E. (2021). Türk İmalat Sanayinin Endüstri 4.0'a Geçiş Sürecini Olumsuz Etkileyen Faktörlerin Kalite Evi ve Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 591-599.

## Öz

Bulut hesaplama ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerde son yıllardaki gelişmeler sonucu endüstri 4.0 önemli bir imalat stratejisi olarak ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0 geçiş süreci gelişmiş ülkelerde daha önce başlamış olup bu ülkelerde endüstri 4.0 teknolojilerini başarıyla uygulayan çok sayıda imalat firması vardır. Diğer taraftan, gelişmekte olan ülkelerde bulunan imalat firmaları endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı konusunda çeşitli organizasyonel, teknik ve finansal bariyerlerle karşılaşmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'de imalat sanayinde endüstri 4.0'a geçiş sürecini olumsuz etkileyen faktörler incelenmektedir. Öncelikle, anketler kullanılarak ve literatür taranarak önemli faktörler belirlenmiştir. Daha sonra, analitik ağ süreci ve DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) çok kriterli karar verme yöntemleri ile bu faktörlerin önem seviyeleri hesaplanmıştır. Son aşamada, faktörlerin etkilerini azaltmaya yardımcı olacak çözüm alternatifleri kalite evi ile belirlenmiş ve önceliklendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Analitik Ağ Süreci, DEMATEL, Kalite Evi

## Analysis of the Factors That Negatively Affect the Industry 4.0 Transition Process of Turkish Manufacturing Industry by Using House of Quality and Multi Criteria Decision Making Techniques

### Abstract

Industry 4.0 has emerged as a critical manufacturing strategy due to recent developments in various technologies such as cloud computing and the internet of things. The industry 4.0 transition process has started earlier in developed countries and these countries have many manufacturing companies that implement industry 4.0 technologies successfully. On the other hand, manufacturing companies in developing countries experience various organizational, technical and financial barriers on the use of industry 4.0 technologies. In this study, the factors that negatively affect the industry 4.0 transition process in Turkey are investigated. First, factors are determined by using questionnaires and reviewing the literature. Next, importance levels of the factors are calculated through the use of analytical network process and DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) multi criteria decision making methods. At the last stage, the solution alternatives that will help lessen the impacts of the factors are determined and prioritized by using house of quality.

**Keywords:** Industry 4.0, Analytical Network Process, DEMATEL, House of Quality

\* Sorumlu Yazar: Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1765-2470, [mehmetali.ilgin@cbu.edu.tr](mailto:mehmetali.ilgin@cbu.edu.tr)

## 1. Giriş

Nesnelere interneti, büyük veri ve bulut hesaplama gibi teknolojilerde son yıllarda büyük gelişmeler görülmüş ve bu teknolojiler özellikle gelişmiş ülkelerde imalatta kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak Hannover fuarında “Endüstri 4.0” olarak adlandırılan imalattaki bu dijitalleşme süreci, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada gibi ülkelerde “zeki imalat” olarak da bilinmektedir.

Endüstri 4.0 kavramı son beş yıl içinde önemli bir rekabet faktörü haline gelmiş, gerek işletmelerde çalışanlar ve gerekse de akademisyenler bu konuda pek çok çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmaların önemli bir bölümü, endüstri 4.0 teknolojilerini imalat işletmelerinde daha önce uygulamaya başlamış olan gelişmiş ülkelerde gerçekleştirilmiştir. Bu ülkelerde de endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı konusunda bazı sorunlar var olmakla birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerde endüstri 4.0 teknolojilerinin etkin ve yaygın kullanımını engelleyen çok sayıda faktör bulunmaktadır.

Literatürde, endüstri 4.0'a geçiş sürecindeki başarı faktörlerini ve/veya bu süreci olumsuz yönde etkileyen faktörleri çeşitli yöntemlerle analiz eden çalışmalar bulunmaktadır. Özkaya vd., 2019 analitik ağ süreci yöntemini kullanarak Türkiye'de endüstri 4.0'a geçişi olumsuz etkileyen faktörleri analiz etmişlerdir. Kamble vd., 2018, ISM (Interpretive Structural Modeling) tekniğini kullanarak, endüstri 4.0'ın Hindistan imalat sanayinde kullanımını olumsuz yönde etkileyen faktörler arasındaki ilişkileri analiz etmişlerdir. Türkes vd., 2019, Romanya'da küçük ve orta ölçekli işletmelerin endüstri 4.0'a geçiş sürecini olumlu etkileyen faktörler yanında olumsuz etkileyen faktörleri de istatistiksel yöntemler kullanarak analiz etmişlerdir. Koçak & Dişadın, 2018, endüstri 4.0 geçiş sürecindeki başarı faktörlerini İzmir'de bulunan bir tekstil firmasının Türkiye ve Almanya'da bulunan yöneticilerinin görüşleri doğrultusunda DEMATEL yöntemi ile incelemişlerdir. Singh & Bhanot, 2020 DEMATEL ve ISM yöntemlerini birlikte kullanarak, Hindistan imalat sanayinde endüstri 4.0'a geçiş sürecini olumsuz etkileyen faktörleri analiz etmişlerdir.

Bu çalışmada, endüstri 4.0 teknolojilerinin Türkiye'de kullanımını olumsuz yönde etkileyen faktörler DEMATEL ve analitik ağ süreci çok kriterli karar verme teknikleri ile analiz edilmekte ve bu faktörlerin etkilerinin azaltılması için sunulan iyileştirme önerileri kalite evi ile önceliklendirilmektedir. Kullanılan analiz yöntemleri ve kapsamı dikkate alındığında, çalışmanın literatüre iki önemli katkısı bulunmaktadır. Birincisi, DEMATEL ve analitik ağ süreci yöntemlerinin birlikte kullanılması ile faktörler arasındaki ilişkilerin, faktörlerin önem düzeylerinin belirlenmesinde dikkate alınmasıdır. İkincisi, faktörlerin etkilerinin azaltılması için sunulan iyileştirme önerilerinin kalite evi kullanılarak faktörlerle ilişkilendirilmesi ve öncelik verilmesi gereken iyileştirme önerilerinin belirlenmesidir.

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde, Türk imalat sanayinin endüstri 4.0'a geçiş sürecini olumsuz yönde etkileyen faktörler hakkında bilgi verilmektedir. Faktörler arası ilişkiler ve faktör ağırlıkları sırasıyla üçüncü ve dördüncü bölümlerde belirlenmektedir. Beşinci bölümde, iyileştirme önerileri sunulmakta ve bu öneriler, kalite evi kullanılarak önceliklendirilmektedir. Son bölüm olan altıncı bölümde çalışmanın sonuçları sunulmaktadır.

## 2. Türk İmalat Sanayinin Endüstri 4.0'a Geçiş Sürecini Olumsuz Etkileyen Faktörler

Endüstri 4.0 konusunda literatür çalışması yapılarak Türkiye'de imalat sanayinde endüstri 4.0'a geçiş sürecini olumsuz etkileyen faktörler belirlenmiş ve Tablo 1'de sunulmuştur. Belirlenen faktörlerin önem düzeylerini belirlemek amacıyla, Türk imalat sanayinde hizmet veren özel firmalarda çalışan 66 kişiye anket uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra eşik değer %60 olarak belirlenmiş ve önem düzeyi bu değerden düşük olan faktörler çalışmanın devamında dikkate alınmamıştır. Çalışmada dikkate alınan faktörler, F2, F3, F5, F6, F7, F10, F13, F15, F16, F18, F20, F21, F23 ve F24'dür.

## 3. DEMATEL ile Faktör İlişkilerinin Belirlenmesi

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), faktörler arası ilişkileri analiz etmekte kullanılan bir çok kriterli karar verme tekniğidir (Gabus & Fontela, 1972). DEMATEL analizi sonucunda faktörler “etkileyen” ve “etkilenen” olmak üzere iki gruba ayrılmakta ve ayrıca faktörler arasındaki belirli bir eşik değerini aşan ilişkiler grafiksel olarak gösterilebilmektedir. Faktörlerin birbirleri üzerindeki etkileri 0-4 (0: çok az etki, 1: az etki, 2: normal etki, 3: fazla etki, 4: çok fazla etki) arası değerler içeren bir skala kullanılarak belirlenmekte ve bu etkiler direkt ilişki matrisi denilen bir matrisle ifade edilmektedir. Birden fazla uzman olması durumunda ortalama direkt ilişki matrisi oluşturulmaktadır. Bu çalışmada, Tablo 2'de verilen ortalama direkt ilişki matrisi, Türkiye'de imalat sanayinde çalışan ve endüstri 4.0 konusunda bilgi sahibi 6 profesyonel tarafından oluşturulan direkt ilişki matrislerinin ortalaması alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 2'de verilen ortalama ilişki matrisindeki tüm değerler, bu matrisin satır ve sütun toplamalarının en büyüğü olan 30,96 değerine bölünerek Tablo 3'de sunulan normalleştirilmiş ortalama direkt ilişki matrisi oluşturulmuştur.

Normalleştirilmiş ortalama direkt ilişki matrisi birim matristen çıkartılıp tersi alındıktan sonra tekrar kendisi ile çarpılarak Tablo 4'de verilen toplam etki matrisi elde edilir.

Tablo 4'de verilen toplam etki matrisi matrisinde satır toplamları ( $D_i$ ) ve sütun toplamları ( $R_i$ ) bulunmuş ve  $D_i+R_i$  ve  $D_i-R_i$  değerleri Tablo 5'te görüldüğü şekilde hesaplanmıştır. Bu tablonun son sütunda,  $D_i-R_i$  değeri pozitif olan faktörler “etkileyen” ve  $D_i-R_i$  değeri negatif olan faktörler ise “etkilenen” olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 1. Türk İmalat Sanayinin Endüstri 4.0'a Geçişini Olumsuz Etkileyen Faktörler

Kod	Faktör	Referanslar
F1	Çalışan direnci/isteksizliği	Özkaya vd., 2019 ; Soylu, 2018 ; Tunçel vd., 2017
F2	Fabrikalarda iş başında eğitim imkanlarının yetersizliği ve teknik eğitim eksiklikleri	Nuroğlu & Nuroğlu, 2018 ; Soylu, 2018 ; Yalçın, 2018
F3	Endüstri 4.0 kavramlarının yeterince anlaşılabilmesi	Özkaya vd., 2019 ; Öztürk & Koç, 2017 ; Tunçel vd., 2017
F4	Üretime ilişkin hedef tutarsızlıkları ve veri güvenilirliği sorunları	Akben & Avcı, 2018
F5	İşletmelerin gelecek planları yapmak yerine bugünkü sorunlara odaklanması	Özkaya vd., 2019
F6	Yeni meslek kollarına duyulan ihtiyaçları karşılayacak eğitim sisteminin hazırlanmamış olması	Özsoylu, 2017 ; Şener & Elevli, 2017 ; Soylu, 2018 ; Yalçın, 2018
F7	Fabrikalardaki süreçlerin endüstri 4.0'a uygun olmaması	Özkaya vd., 2019
F8	Doğru ölçüm, izleme, raporlama yapılamaması	Şener & Elevli, 2017
F9	Büyük veriyi yönetmenin zorluğu	Özsoylu, 2017
F10	Yüksek ilk yatırım maliyeti ve bakım maliyetlerinin yüksekliği	Özkaya vd., 2019
F11	İstihdam üzerinde oluşacak olumsuz etkiler	Ünlü & Atik, 2018
F12	Yerel yönetim ve KOBİ'lerin risk alma iştahının düşük olması	Soylu, 2018
F13	İşletmenin tüm birimlerini endüstri 4.0'a entegre etmenin zor olması	Özsoylu, 2017 ; Soylu, 2018
F14	Endüstri 4.0'ın gelir dağılımı üzerindeki olumsuz etkileriyle birlikte sosyal sorunların ortaya çıkması	Ünlü & Atik, 2018
F15	İşletmelerin AR-GE çalışmaları için ayırdığı kaynakların yetersiz olması	Bulut & Akçacı, 2017 ; Kılıç & Alkan, 2018 ; Soylu, 2018 ; Yalçın, 2018
F16	Değişken devlet politikaları ve dışa bağımlılık	Nuroğlu & Nuroğlu, 2018 ; Soylu, 2018 ; Yalçın, 2018
F17	Yasal prosedürler ve uygulamaların zorluğu	Özsoylu, 2017 ; Soylu, 2018
F18	Bilişim altyapısı eksikliği ve teknolojik yetersizlikler	Özsoylu, 2017 ; Öztürk & Koç, 2017 ; Tunçel vd., 2017 ; Yalçın, 2018
F19	Siber güvenlik sorunları	Özsoylu, 2017 ; Yalçın, 2018
F20	Robot, yazılım, donanım geliştirmeye yönelik politika ve know-how eksiklikleri	Fırat & Fırat, 2017 ; Kılıç & Alkan, 2018
F21	İşletmenin simülasyonunun sanal ortamda doğru olarak modellenememesi	Bulut & Akçacı, 2017 ; Soylu, 2018
F22	Çok fazla tüketen Türk toplum yapısı	Arslan, 2018
F23	İhracat için ithalata aşırı bağımlı olma	Arslan, 2018
F24	Bilgi ve teknolojiyi etkin kullanamama	Arslan, 2018

Tablo 2. Ortalama Direkt İlişki Matrisi

	F2	F3	F5	F6	F7	F10	F13	F15	F16	F18	F20	F21	F23	F24
F2	0,00	3,33	2,33	3,00	2,33	1,00	2,66	1,66	2,00	2,16	1,83	1,5	1,16	1,33
F3	2,00	0,00	1,66	0,83	2,00	0,83	2,33	1,00	0,5	1,00	1,66	1,00	0,33	2,16
F5	2,50	1,83	0,00	1,66	2,16	0,66	1,5	2,83	2,66	2,00	2,5	2,33	0,83	2,66
F6	2,66	2,50	2,00	0,00	1,50	1,50	2,33	1,33	1,33	2,33	2,5	2,16	0,66	2,66
F7	1,83	2,00	1,66	1,00	0,00	2,16	2,83	1,33	0,16	1,33	1,50	1,66	0,16	1,66
F10	1,50	1,83	2,33	1,00	2,33	0,00	2,66	2,33	1,33	2,16	2,00	2,16	1,50	2,00
F13	1,83	2,66	1,83	0,83	2,16	2,16	0,00	2,16	0,83	1,16	1,33	1,66	1,16	1,33
F15	2,50	2,16	1,83	1,66	2,66	2,50	2,83	0,00	2,33	2,66	2,50	2,83	1,50	2,66
F16	1,66	1,00	2,00	2,50	1,50	1,83	1,50	2,16	0,00	2,16	2,16	1,00	2,83	2,16
F18	2,16	2,16	1,83	1,16	3,33	2,66	3,00	0,83	1,66	0,00	2,33	2,50	1,83	2,50
F20	2,16	1,66	1,50	1,50	3,00	2,16	2,33	1,50	1,50	2,16	0,00	2,33	2,00	2,50
F21	1,33	1,16	1,50	0,50	3,16	1,50	2,50	1,33	1,16	2,00	2,00	0,00	1,50	1,83
F23	0,83	0,83	1,66	1,16	1,16	1,83	1,83	1,50	1,83	2,00	1,50	1,16	0,00	1,50
F24	2,16	2,00	2,00	1,50	2,83	2,50	2,66	1,33	2,16	2,50	2,50	3,00	1,83	0,00

Tablo 3. Normalleştirilmiş Ortalama Direkt İlişki Matrisi

	F2	F3	F5	F6	F7	F10	F13	F15	F16	F18	F20	F21	F23	F24
F2	0,000	0,108	0,075	0,097	0,075	0,032	0,086	0,054	0,065	0,070	0,059	0,048	0,037	0,043
F3	0,065	0,000	0,054	0,027	0,065	0,027	0,075	0,032	0,016	0,032	0,054	0,032	0,011	0,070
F5	0,081	0,059	0,000	0,054	0,070	0,021	0,048	0,091	0,086	0,065	0,081	0,075	0,027	0,086
F6	0,086	0,081	0,065	0,000	0,048	0,048	0,075	0,043	0,043	0,075	0,081	0,070	0,021	0,086
F7	0,059	0,065	0,054	0,032	0,000	0,070	0,091	0,043	0,005	0,043	0,048	0,054	0,005	0,054
F10	0,048	0,059	0,075	0,032	0,075	0,000	0,086	0,075	0,043	0,070	0,065	0,070	0,048	0,065
F13	0,059	0,086	0,059	0,027	0,070	0,070	0,000	0,070	0,027	0,037	0,043	0,054	0,037	0,043
F15	0,081	0,070	0,059	0,054	0,086	0,081	0,091	0,000	0,075	0,086	0,081	0,091	0,048	0,086
F16	0,054	0,032	0,065	0,081	0,048	0,059	0,048	0,070	0,000	0,070	0,070	0,032	0,091	0,070
F18	0,070	0,070	0,059	0,037	0,108	0,086	0,097	0,027	0,054	0,000	0,075	0,081	0,059	0,081
F20	0,070	0,054	0,048	0,048	0,097	0,070	0,075	0,048	0,048	0,070	0,000	0,075	0,065	0,081
F21	0,043	0,037	0,048	0,016	0,102	0,048	0,081	0,043	0,037	0,065	0,065	0,000	0,048	0,059
F23	0,027	0,027	0,054	0,037	0,037	0,059	0,059	0,048	0,059	0,065	0,048	0,037	0,000	0,048
F24	0,070	0,065	0,065	0,048	0,091	0,081	0,086	0,043	0,070	0,081	0,081	0,097	0,059	0,000

Tablo 4. Toplam Etki Matrisi

	F2	F3	F5	F6	F7	F10	F13	F15	F16	F18	F20	F21	F23	F24
F2	0,226	0,328	0,284	0,252	0,339	0,239	0,353	0,240	0,229	0,287	0,286	0,271	0,187	0,278
F3	0,215	0,158	0,197	0,137	0,246	0,169	0,258	0,161	0,132	0,183	0,207	0,186	0,114	0,225
F5	0,306	0,289	0,219	0,219	0,343	0,237	0,328	0,279	0,256	0,291	0,312	0,303	0,185	0,322
F6	0,302	0,302	0,272	0,161	0,315	0,252	0,342	0,228	0,210	0,290	0,303	0,289	0,173	0,313
F7	0,225	0,235	0,212	0,152	0,205	0,222	0,292	0,185	0,134	0,208	0,219	0,222	0,120	0,227
F10	0,264	0,276	0,277	0,187	0,334	0,204	0,346	0,255	0,207	0,281	0,284	0,286	0,194	0,289
F13	0,238	0,266	0,230	0,157	0,285	0,234	0,224	0,221	0,164	0,217	0,228	0,234	0,158	0,233
F15	0,336	0,331	0,306	0,240	0,397	0,321	0,406	0,222	0,268	0,340	0,344	0,349	0,226	0,354
F16	0,266	0,249	0,266	0,232	0,304	0,258	0,309	0,248	0,166	0,282	0,288	0,250	0,234	0,293
F18	0,300	0,305	0,281	0,205	0,383	0,300	0,379	0,228	0,227	0,233	0,311	0,312	0,216	0,321
F20	0,289	0,279	0,261	0,208	0,361	0,277	0,347	0,237	0,216	0,289	0,231	0,297	0,214	0,310
F21	0,225	0,224	0,223	0,149	0,318	0,221	0,303	0,198	0,175	0,244	0,250	0,187	0,172	0,249
F23	0,193	0,195	0,210	0,157	0,237	0,213	0,260	0,189	0,184	0,228	0,218	0,205	0,116	0,222
F24	0,310	0,310	0,296	0,223	0,382	0,305	0,381	0,250	0,251	0,319	0,327	0,337	0,224	0,258

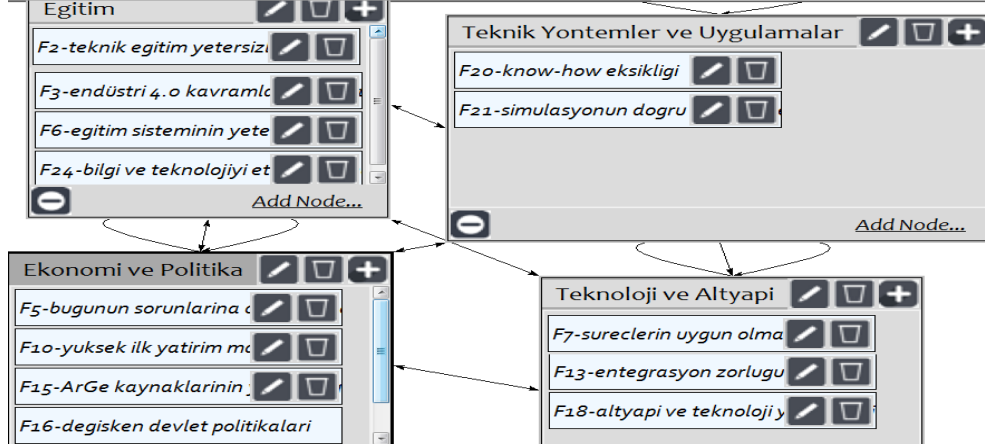
Tablo 5.  $D_i-R_i$  ve  $D_i + R_i$  Değerleri

Faktör	$D_i$	$R_i$	$D_i+R_i$	$D_i-R_i$	Etki Grubu
F2	3,799	3,695	7,494	0,104	Etkileyen
F3	2,5881	3,469	6,0571	-0,881	Etkilenen
F5	3,8886	3,2545	7,1431	0,6341	Etkileyen
F6	3,7529	2,9487	6,7016	0,8042	Etkileyen
F7	2,8569	2,6465	5,5033	0,2104	Etkileyen
F10	3,6852	2,4214	6,1066	1,2638	Etkileyen
F13	3,0903	5,9567	9,047	-2,866	Etkilenen
F15	4,4416	8,3068	12,748	-3,865	Etkilenen
F16	3,644	11,859	15,503	-8,215	Etkilenen
F18	4,0015	15,346	19,347	-11,34	Etkilenen
F20	3,8168	17,903	21,72	-14,09	Etkilenen
F21	3,1384	21,299	24,438	-18,16	Etkilenen
F23	2,8285	24,164	26,993	-21,34	Etkilenen
F24	4,1729	28,413	32,585	-24,24	Etkilenen

#### 4. Faktör Ağırlıklarının Analitik Ağ Süreci ile Belirlenmesi

Analitik ağ süreci, çok kriterli karar verme problemlerini ağ yapısı şeklinde modelleyen ve ağ yapısında bulunan kümelerin birbirleriyle ve kendi içlerinde var olan ilişkileri dikkate alan bir yöntemdir (Saaty, 1996). Bu bölümde, analitik ağ süreci ile

faktör ağırlıkları belirlenmiştir. Bu doğrultuda, ilk olarak Şekil 1’de verilen ağ yapısı Super Decisions programında oluşturulmuştur. Bu şekilde görüldüğü üzere faktörler, “Eğitim”, “Teknik Yöntem ve Uygulamalar”, “Ekonomi ve Politika” ve “Teknoloji ve Altyapı” olarak adlandırılan 4 küme altında modellenmiştir. Kümeler arası ve küme içi ilişkiler, DEMATEL yöntemiyle belirlenen faktör ilişkilerine göre belirlenmiştir.



Şekil 1. Analitik Ağ Yapısı

Kriterlerin birbirleri üzerindeki uzun dönemli göreceli etkileri süper matrisin kuvveti alınarak belirlenir. Bu sayede elde edilen limit süper matris Şekil 2’de verilmektedir. Limit süper matristeki değerler kümelerine göre normalize edilerek Şekil 3’de verilen ve yeşil renkle gösterilen normalize önem değerleri elde

edilmiştir. Bu değerlere göre, %22,3343 oranla F7 (Fabrikalardaki süreçlerin endüstri 4.0’a uygun olmaması) ve %22,2406 oranla F3 (Endüstri 4.0 kavramlarının yeterince anlaşılabilmesi) faktörleri Türkiye’de imalat sanayinde endüstri 4.0’a geçiş sürecini olumsuz etkileyen en önemli faktörlerdir.

	F2-tekn~	F3-endü~	F6-egit~	F24-bil~	F5-bugu~	F10-yuk~	F15-ArG~	F16-deg~	F23-ith~	F20-kno~	F21-sim~	F7-sure~	F13-ent~	F18-alt~
F2-tekn~	0.07634	0.00000	0.07634	0.07634	0.07634	0.07634	0.07634	0.07634	0.00000	0.07634	0.00000	0.00000	0.00000	0.07634
F3-endü~	0.22241	0.00000	0.22241	0.22241	0.22241	0.22241	0.22241	0.22241	0.00000	0.22241	0.00000	0.00000	0.00000	0.22241
F6-egit~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
F24-bil~	0.01234	0.00000	0.01234	0.01234	0.01234	0.01234	0.01234	0.01234	0.00000	0.01234	0.00000	0.00000	0.00000	0.01234
F5-bugu~	0.08904	0.00000	0.08904	0.08904	0.08904	0.08904	0.08904	0.08904	0.00000	0.08904	0.00000	0.00000	0.00000	0.08904
F10-yuk~	0.04456	0.00000	0.04456	0.04456	0.04456	0.04456	0.04456	0.04456	0.00000	0.04456	0.00000	0.00000	0.00000	0.04456
F15-ArG~	0.03013	0.00000	0.03013	0.03013	0.03013	0.03013	0.03013	0.03013	0.00000	0.03013	0.00000	0.00000	0.00000	0.03013
F16-deg~	0.02461	0.00000	0.02461	0.02461	0.02461	0.02461	0.02461	0.02461	0.00000	0.02461	0.00000	0.00000	0.00000	0.02461
F23-ith~	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
F20-kno~	0.07081	0.00000	0.07081	0.07081	0.07081	0.07081	0.07081	0.07081	0.00000	0.07081	0.00000	0.00000	0.00000	0.07081
F21-sim~	0.08608	0.00000	0.08608	0.08608	0.08608	0.08608	0.08608	0.08608	0.00000	0.08608	0.00000	0.00000	0.00000	0.08608
F7-sure~	0.22334	0.00000	0.22334	0.22334	0.22334	0.22334	0.22334	0.22334	0.00000	0.22334	0.00000	0.00000	0.00000	0.22334
F13-ent~	0.06803	0.00000	0.06803	0.06803	0.06803	0.06803	0.06803	0.06803	0.00000	0.06803	0.00000	0.00000	0.00000	0.06803
F18-alt~	0.05230	0.00000	0.05230	0.05230	0.05230	0.05230	0.05230	0.05230	0.00000	0.05230	0.00000	0.00000	0.00000	0.05230

Şekil 2. Limit Süper Matris

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	F2-teknik eğitim yetersizliği	0.24540	0.076339
No Icon	F3-endüstri 4.0 kavramlarının anlaşılabilmesi	0.71494	0.222406
No Icon	F6-egitim sisteminin yetersizliği	0.00000	0.000000
No Icon	F24-bilgi ve teknolojiyi etkin kullanamama	0.03967	0.012340
No Icon	F5-bugünün sorunlarına odaklanma	0.47276	0.089045
No Icon	F10-yüksek ilk yatırım maliyeti	0.23658	0.044561
No Icon	F15-ArGe kaynaklarının yetersizliği	0.15998	0.030132
No Icon	F16-değişken devlet politikaları	0.13068	0.024613
No Icon	F23-ithalata bağımlılık	0.00000	0.000000
No Icon	F20-know-how eksikliği	0.45133	0.070812
No Icon	F21-simülasyonun doğru modellenememesi	0.54867	0.086085
No Icon	F7-süreçlerin uygun olmaması	0.64988	0.223343
No Icon	F13-entegrasyon zorluğu	0.19794	0.068026
No Icon	F18-altyapı ve teknoloji yetersizliği	0.15218	0.052299

Şekil 3. Faktörlerin Öncelik Değerleri



## 5. İyileştirme Önerilerinin Kalite Evi ile Değerlendirilmesi

Bu aşamada analitik ağ süreci yönteminde ağırlığı sıfır olarak bulunan faktörler dışındaki faktörler için kalite evi oluşturulmuştur. Bu sebeple ilk olarak kalite evinin planlama matrisi oluşturulacaktır. Planlama matrisinin müşteri istekleri olarak da adlandırılan satırlarında analitik ağ süreci sonunda önem değeri 0'dan büyük olan 12 faktör yer almaktadır. "Ağırlıklar" sütununda her bir faktörün analitik ağ süreci ile belirlenmiş ağırlığı yer almaktadır. "Güncel Değerler" sütunu doldurulurken her bir faktör için Türkiye'nin şu anki durumu 1 ile 5 arasında puanlanmıştır. Puanlama aşamasında, anket çalışmasının sonuçlarından yararlanılmıştır. 5 değeri, ilgili faktörün Türkiye'de imalat sanayinde endüstri 4.0'a geçişi çok olumsuz etkilediği, 1 değeri ise ilgili faktörün Türkiye'de imalat sanayinde endüstri 4.0'a geçiş sürecini daha az olumsuz etkilediği anlamına gelmektedir. Kalite evinde kullanılan puanlama sisteminin, ankette kullanılan sistemin tersi olması nedeniyle, kalite evinde kullanılan değerler, anket değerlerinin 5'ten çıkarılması ve elde edilen sonuca 1 eklenmesi ile bulunmuştur. Tablo 6'da faktörlere ilişkin anket değerleri ve bu anket değerleri kullanılarak bulunan güncel değerler verilmiştir.

Tablo 6. Faktörlere İlişkin Güncel Değerler

Faktörler	Anket Değeri	Güncel Değer
F2	3,55	2,45
F3	4,08	1,92
F5	4,17	1,83
F7	3,73	2,27
F10	4,02	1,98
F13	3,74	2,26
F15	3,98	2,02
F16	3,89	2,11
F18	3,80	2,20
F20	3,92	2,08
F21	3,76	2,24
F24	3,92	2,08

Faktörler için hedeflenen puan, "hedef değer" sütununda gösterilmiş ve 1-5 ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Hedef puan değerleri imalat sanayinde çalışan endüstri 4.0 konusunda uzman bir mühendis tarafından belirlenmiştir. Faktörlerin hedeflenen değerlere göre ne durumda oldukları "ilerleme oranı" sütunu ile ifade edilmiş olup bu oran hedef değer bugünkü değere bölünmesiyle elde edilmiştir. "Önem puanı" değerleri, "ilerleme oranı" değerlerinin analitik ağ süreci ile hesaplanan ağırlıkların çarpılması ile belirlenmiştir. "Yüzde önem" değerleri, önem puanların toplanması ve her faktörün önem puanının bu toplama bölünmesi yoluyla bulunmuştur. Planlama matrisi Tablo 7'de sunulmuştur.

Buna göre eğitim kümesinin ilk faktörü olan fabrikalarda iş başında eğitim imkânlarının yetersizliği ve teknik eğitim eksikliği, başka bir deyişle F2 faktörünün % önem derecesinin hesaplanmasını incelemek gerekirse şu şekilde açıklanabilir: F2'nin hedef değeri olan 4, güncel değeri olan 2,45'e bölünmüş ve elde edilen 1,63 değeri ilerleme oranı olarak alınmıştır. F2'nin ağırlık değeri (0,076) ile ilerleme oranı (1,63) çarpılarak önem puanı 0,125 olarak hesaplanmıştır. Bu puan, tüm önem puanlarının toplamı olan 2,11 değerine bölünüp çıkan sonuç 100 ile çarpılarak F2 için % önem puanı 5,91 olarak belirlenmiştir.

Faktörlerin neden oldukları olumsuz etkileri azaltmak ve/veya ortadan kaldırmak için, endüstri 4.0 konusunda bilgi ve tecrübe sahibi bir mühendis ile görüşülerek aşağıdaki düzeltici faaliyetler belirlenmiştir:

- Fabrika süreçlerini endüstri 4.0'a uyumlu hale getirme
- Sektör ihtiyaçlarını dikkate alarak, meslek liselerinde ve üniversitelerde bölümler açma
- Çalışanlara proje geliştirmeleri için teknik imkan ve zaman sağlama
- Fabrikadaki tüm teknik ve ofis çalışanlarına endüstri 4.0 eğitimleri vererek ortak bir anlayış oluşturma
- Teknolojik imkanları artırıcı kararlar alma
- Bilişim altyapısını artırma
- Devletin proje teşvikleri sağlama
- Ar-Ge çalışmalarına daha fazla önem verilmesini sağlama
- Devletin resmi prosedürleri azaltma yoluna gitmesi
- Çalışanlar için endüstri 4.0'a uygun kariyer planlaması yapılması
- Endüstri 4.0'a yönelik devlet politikalarının stabil hale getirilmesi
- Yurt dışından alımlara kota koyma ve yerli üretimi teşvik etme
- Devletin robot yapma ve bu yönde geliştirilecek yazılım ve donanımlara yönelik eğitim imkanları, teşvik primleri ve politikalar oluşturma
- Simülasyonun hem devlet hem de işletmeler bazında teşvik edilmesi ve uygun eğitimlerin sağlanması.

İlişki matrisi, yukarıda verilen faaliyetler ile faktörler arasındaki ilişkiler tanımlanarak oluşturulur. Bunun için her bir düzeltici faaliyetin, faktörler üzerinde bir etkisinin olup olmadığı ve eğer etki varsa bu etkinin derecesi Tablo 8'de sunulan simgeler kullanılarak belirlenmiştir. İlişki matrisi Tablo 9'da sunulmuştur.

İlişki matrisinde, faaliyetlerin mutlak ve nispi önem derecelerinin bulunmasında aşağıda verilen formüller kullanılmıştır:

Mutlak Önem =

$$\sum_{\text{faktörler}} \text{Faaliyetlerin Etki Derecesi} \times \text{Faktörlerin \% Önemleri} \quad (1)$$

$$\text{Nispi Önem} = \frac{\text{Mutlak Önem}}{\sum_{\text{faaliyetler}} \text{Mutlak Önem}} \times 100 \quad (2)$$

Tablo 7. Planlama Matrisi

Sınıf	Faktör Kısaltması	Faktör Açıklaması	Ağırlıklar	Güncel Değerler	Hedef Değer	İlerleme Oranı	Önem Puanı	% Önem
Eğitim	F2	Fabrikalarda iş başında eğitim imkanlarının yetersizliği ve teknik eğitim eksiklikleri	0,07634	2,45	4	1,632653061	0,1246351	5,912
	F3	Endüstri 4.0 kavramlarının yeterince anlaşılabilmesi	0,22241	1,92	5	2,604166667	0,5791823	27,473
	F24	Bilgi ve teknolojiyi etkin kullanamama	0,01234	2,08	4	1,923076923	0,0237308	1,1257
Teknoloji ve Altyapı	F7	Fabrikalardaki süreçlerin Endüstri 4.0'a uygun olmaması	0,22334	2,27	5	2,202643172	0,4919449	23,335
	F13	İşletmenin tüm birimlerini Endüstri 4.0'a entegre etmenin zor olması	0,06803	2,26	5	2,212389381	0,1505	7,1389
	F18	Bilişim altyapısı eksikliği ve teknolojik yetersizlikler	0,0523	2,2	4	1,818181818	0,0950891	4,5105
Ekonomi ve Politika	F5	İşletmelerin gelecek planları yapmak yerine bugünkü sorunlara odaklanılması	0,08905	1,83	3	1,639344262	0,1459902	6,925
	F10	Yüksek ilk yatırım maliyeti ve bakım maliyetlerinin yüksekliği	0,04456	1,98	5	2,525252525	0,1125278	5,3377
	F15	İşletmelerin AR-GE çalışmaları için ayırdığı kaynakların yetersiz olması	0,03013	2,02	4	1,98019802	0,0596673	2,8303
	F16	Değişken devlet politikaları ve dışa bağımlılık	0,02461	2,11	3	1,421800948	0,0349948	1,66
Teknik Yöntemler ve Uygulamalar	F20	Robot, yazılım, donanım geliştirmeye yönelik politika ve know-how eksiklikleri	0,07081	2,08	4	1,923076923	0,1361769	6,4595
	F21	İşletmenin simülasyonunun sanal ortamda doğru olarak modellenememesi	0,08609	2,24	4	1,785714286	0,1537232	7,2918
							2,1081624	100

Tablo 8. İlişki Matrisi Simgeleri ve Anlamları

Simge	İlişki	Ağırlık
⊙	Güçlü	9
O	Orta	3
△	Zayıf	1
-	İlişki Yok	0

Tablo 9. İlişki Matrisi

Sınıf	Faktör Kısaltması	Faktör Açıklaması	Ağırlıklar	Fabrika süreçlerini Endüstri 4.0'a uyumlu hale getirme	Üniversitelerde ve meslek liselerinde sektör ihtiyaçlarına yönelik bölümler açma	Çalışanlara proje geliştirme için teknik imkan ve zaman sağlama	Fabrikadaki tüm çalışanlara Endüstri 4.0 eğitimleri verme	Teknolojik imkanları artırıcı kararlar alma	Bilişim altyapısını artırma	Devletin proje tevdikler i sağlanması	Ar-Ge çalışmalarını daha fazla önem vermesini sağlama	Devletin resmi prosedürler i azaltma yoluna gitmesi	Çalışanlar için Endüstri 4.0'a uygun kariyer planlaması yapılması	Endüstri 4.0'a yönelik devlet politikalarının stabil hale getirilmesi	Yurt dışından alımlara kota koyma ve yerli üretimi teşvik etme	Devletin robot yapma, yazılım ve donanım geliştirmeye yönelik eğitim imkanları, tevdik primleri ve politikalar	Simülasyonun hem devlet hem işletme bazında tevdik edilmesi, uygun eğitimlerin sağlanması
Eğitim	F2	Fabrikalarda iş başında eğitim imkanlarının yetersizliği ve teknik eğitim eksiklikleri	0,07634		O		⊙										
	F3	Endüstri 4.0 kavramlarının yeterince anlaşılabilmesi	0,22241		⊙	△	⊙						△	△			
	F24	Bilgi ve teknolojiyi etkin kullanamama	0,01234				⊙	⊙		O	△		△				
Teknoloji ve Altyapı	F7	Fabrikalardaki süreçlerin Endüstri 4.0'a uygun olmaması	0,22334	⊙		O	O	△									
	F13	İşletmenin tüm birimlerini Endüstri 4.0'a entegre etmenin zor olması	0,06803	⊙		⊙	O	△	△								
	F18	Bilişim altyapısı eksikliği ve teknolojik yetersizlikler	0,0523		O			⊙	⊙								O
Ekonomi ve Politika	F5	İşletmelerin gelecek planları yapmak yerine bugünkü sorunlara odaklanması	0,08905								⊙		⊙				
	F10	Yüksek ilk yatırım maliyeti ve bakım maliyetlerinin yüksekliği	0,04456							⊙							
	F15	İşletmelerin AR-GE çalışmaları için ayırdığı kaynakların yetersiz olması	0,03013							⊙	⊙	△					
	F16	Değişken devlet politikaları ve dışa bağımlılık	0,02461							O		O		⊙	⊙	△	
Teknik Yöntemler ve Uygulamalar	F20	Robot, yazılım, donanım geliştirmeye yönelik politika ve know-how eksiklikleri	0,07081		O			O			△	△			O	⊙	△
	F21	İşletmenin simülasyonunun sanal ortamda doğru olarak modellenememesi	0,08609	O	O			△									⊙

Hesaplamanın nasıl yapıldığı şu şekilde açıklanabilir. "Bilişim altyapısını artırma" faaliyetinin hangi faktörleri ne kadar etkilediği ilişki matrisi incelenerek belirlenir. İlişki matrisine göre, bu faaliyet, "bilişim altyapısı eksikliği ve teknolojik yetersizlikler (F18)" faktörü üzerinde 9, "işletmenin tüm birimlerini endüstri 4.0'a entegre etmenin zor olması (F13)" faktörü üzerinde 1 birimlik etkiye sahiptir. Etki eden faktöre ait her bir % önem puanı ile etki ağırlıkları çarpılıp toplanarak bu faaliyete ait mutlak önem bulunur. "Bilişim altyapısını artırma" faaliyetinin mutlak önemi bulunurken F18'in % önemi 4,51 ile etki ağırlığı olan 9 çarpılır. Ardından bu çarpıma ek olarak diğer etkili faktör olan F13'ün % önemi 7,14 ile etki ağırlığı olan 1

çarpılıp toplanır. Sonuç olarak  $(4,51*9)+(7,14*1) = 47,73$  değeri elde edilir.

Nispi önem yüzdesi bulunurken öncelikle tüm mutlak önem değerleri toplanır. Burada sonuç 1839,87 olarak bulunmuştur. Sonrasında her bir faaliyete ait mutlak önem değeri, toplam mutlak önem değerine bölünür. Bilişim altyapısını artırma faaliyetinin nispi önem yüzdesi  $(47,73/1839,87)*100$  işlemi ile %2,59 olarak hesaplanmıştır. Mutlak ve nispi önem dereceleri Tablo 10'da gösterilmiştir. "Fabrikadaki tüm çalışanlara endüstri 4.0 eğitimleri verme" faaliyeti, en yüksek nisbi önem derecesine sahip faaliyetidir.

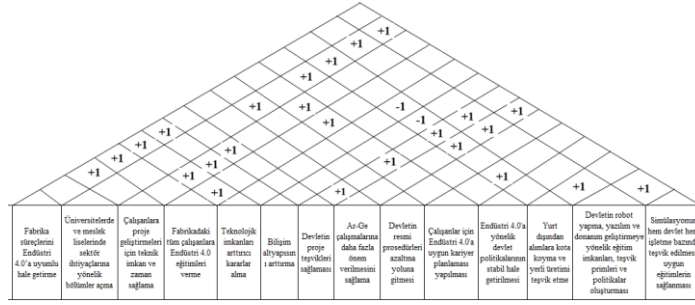
Tablo 10. Mutlak ve Nispi Önem Dereceleri

<b>Mutlak Önem</b>	296,14	319,78	171,86	391,89	107,87	47,734	81,869	95,383	14,27	90,924	42,413	34,318	73,327	72,086
<b>Nispi Önem (%)</b>	16,096	17,381	9,3409	21,3	5,8629	2,5944	4,4497	5,1842	0,7756	4,9419	2,3052	1,8653	3,9855	3,918

Teknik korelasyon matrisi, kalite evinin çatısında yer alır ve düzeltici faaliyetler arasındaki ilişkilerin analizinde kullanılır. Bu matriste, birbirleri ile pozitif ilişkisi bulunan faaliyetler için “+1” sembolü ve negatif ilişkisi olan faaliyetler için -1 sembolü

kullanılmıştır. Tablo 11’de kalite evinin çatısı görülmektedir. Kalite evinin çatısı da oluşturulmuş ve yapı tamamlanmıştır. Kalite evinin son hali Tablo 12’de gösterilmektedir.

Tablo 11. Kalite Evinin Çatısı



Tablo 12. Kalite Evi

Sınıf	Fabrika Kısımına	Fabrika Açılışından	Açılıştan	Fabrika devreye alındıktan sonra 4.0'a geçiş hali getirme	Üniversitelerde ve meslek liselerinde sektör ihtiyaçlarına yönelik bölümler açma	Çalışanlara proje geliştirme için teknik imkan ve zaman sağlama	Fabrikadaki tüm çalışanlara Endüstri 4.0 eğitimi verme	Teknolojik imkanları artırma kararları alma	Bilgiyi altyapıya entegrasyonu sağlama	Devletin projeye destek sağlanması	Ar-Ge çalışmalarını dışarı taşıma ve verimliliği artırma	Devletin resmi prosedürleri kabula yoluna gitmesi	Çalışanlar için Endüstri 4.0'a uygun kariyer planlaması yapılması	Endüstri 4.0'a yönelik devlet politikalarını stabil hale getirmesi	Yurt dışından uzmanlara kurya ve yerli yetiştirme teşvik etme	Devletin robot yapma, yatırım ve donanım geliştirmeyle ilgili eğitimde teşvik edilmesi, yerli üretim ve politikaları oluşturulması	Simülasyonun hem devlet hem de işletme bazında teşvik edilmesi, uygun eğitimler sağlanması	Genel Değerler	Referans Değer	Performans Önem	Önem Derecesi	% Önem	
																							Önem
Eğitim	F21	Fabrikalarda iş başında eğitim imkânlarının yetersizliği ve teknik eğitim eksiklikleri	0,076229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,45	4	1,622852001	0,126821100	5,912025715
	F22	Endüstri 4.0 kavramlarının yetersizce anlaşılması	0,222404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,92	5	2,604166467	0,579182292	27,4732245
	F24	Bilgi ve teknolojiye etkin kullanılması	0,01224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,08	4	1,923076923	0,023790749	1,12661324
Teknoloji ve Altyapı	F27	Fabrikalardaki devreye alınan Endüstri 4.0'a uygun olmayan	0,222404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,27	5	2,200643172	0,491948934	22,32524848
	F18	Bilgiyi altyapıya entegrasyonu ve teknolojiye yetersizlikler	0,048026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,26	5	2,212289281	0,1200	7,128918774
	F19	İnsan kaynaklarının yetersizliği ve teknolojiye yetersizlikler	0,052299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	4	1,818181818	0,089089091	4,510500243
Ekonomi ve Politika	F5	İnsan kaynaklarının yetersizliği ve teknolojiye yetersizlikler	0,089091	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,82	2	1,639744282	0,148990164	6,926996162
	F10	Yüksek maliyetli yatırım ve teknolojiye yetersizlikler	0,048026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,98	5	2,525252525	0,115277778	5,237718708
	F15	İnsan kaynaklarının yetersizliği ve teknolojiye yetersizlikler	0,020132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,02	4	1,99019902	0,099667227	2,820300226
	F16	Devletin devlet politikaları ve diğer kaynakları	0,048026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,11	2	1,421300049	0,024994787	1,699666779
Teknik Yeterlilik ve Uygulanabilirlik	F20	Robot yatırım, donanım geliştirmeyle ilgili politika ve bakanlık eksiklikleri	0,070812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,08	4	1,923076923	0,126178922	6,499082259
	F21	İnsan kaynaklarının yetersizliği ve teknolojiye yetersizlikler	0,048026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,26	4	1,782714286	0,143722214	7,291810902
<b>Mutlak Önem</b>				296,1429278	319,7815128	171,862092	391,8926443	107,870128	47,734	81,86905	95,38319	14,2697077	90,9229131	42,41320191	34,3182022	73,3270166	72,0862622						
<b>Nispi Önem (%)</b>				16,09287221	17,34266911	9,34092921	21,2992221	5,8629229	2,5940202	4,4497221	5,18421943	0,7756229	4,94191222	2,30521943	1,8653229	3,9855229	3,918229						

Nispi önem derecelerine bakıldığında Türkiye’de imalat sanayinde endüstri 4.0’a geçişi kolaylaştırabilecek 3 ana faaliyet bulunmaktadır. Bu faaliyetlerin doğru anlaşılması ve analizinin doğru yapılması önemlidir.

İlk olarak fabrikadaki tüm çalışanlara endüstri 4.0 eğitimleri verilememesi durumu önem arz etmektedir. Endüstri 4.0’ın uygulamalarından, amaçlarından habersiz birçok çalışan mevcuttur. Bunların bir kısmı işsiz kalma vb. korkularla direnç göstermektedir. Endüstri 4.0 eğitimleri bu direnci azaltarak çalışanların kendilerini geliştirmelerini sağlayacaktır. Teorik bilgi sahibi olan çalışanlar ise bilgilerini fabrika ortamında nasıl kullanacakları konusunda sorunlar yaşayabilmektedir. Endüstri 4.0 kavramlarını fabrika ortamında uygulamış uzman kişiler

tarafından eğitimlerin verilmesi, bu sorunların çözümüne büyük katkı sağlayacaktır. Burada mali engeller ortaya çıkabilir fakat ilerlemenin sağlanabilmesi için gelecek düşünülmelidir. Doğru analizler yapılarak faaliyetler için doğru kaynak politikaları oluşturulmalıdır.

İkincisi, üniversitelerde ve meslek liselerinde sektör ihtiyaçlarına yönelik bölümlerin yetersiz oluşudur. Endüstri 4.0’ın devlet bazında da tam olarak anlaşılmasından ve kaynak yetersizliklerinden dolayı nitelikli iş gücü sağlanamamaktadır. Düşünen, araştıran, geliştiren, uygulayan genç nesiller gelecek için büyük önem arz etmektedir. Temelde bu bilgilere sahip çalışanlarla yolunu sürdüren fabrikalar, iş başında endüstri 4.0 eğitimleri vermek gibi uygulamalarla zaman



ve kaynak kaybetmezler. Bu durumun iyileşmesi için devletin doğru politikalar izlemesi büyük önem taşımaktadır.

Üçüncüsü ise fabrika süreçlerini endüstri 4.0'a uyumlu hale getirememektir. Hâlihazırda fabrikalarda verilerin nasıl tutulacağı, alınan verilerin nasıl izlenmesi gerektiği ve hangi verinin ne derece önemli olduğu gibi konularda büyük sorunlar yaşanmaktadır. Veri analizlerinin doğru yapılamaması sonucunda da doğru tekniklerle doğru iyileştirmeler yapılamamaktadır. Bu durumlar iyileştirildikten sonra süreç iyileştirme çalışmalarının hızla yerine getirilmesi gerekmektedir. Önemli olan fazla kaynak kullanmadan en yüksek verimliliği sağlayabilecek küçük, basit ama kesin çözümler sağlayabilmektir. Gerektiği zaman gerektiği kadar otomasyon süreçleri oluşturularak endüstri 4.0 konsepti içinde yer alan karanlık fabrikalara geçiş sağlanmalıdır.

## 6. Sonuçlar

Bu çalışmada, ilk olarak literatür araştırması yapılarak Türkiye'nin endüstri 4.0'a geçiş sürecini olumsuz etkileyen faktörler belirlenmiştir. Daha sonra, faktörlerin sisteme ve birbirlerine olan etkileri analitik ağ süreci ve DEMATEL yöntemleri ile analiz edilmiş ve faktörlerin önem düzeyleri bulunmuştur. Son olarak, kalite evi yöntemi ile analiz ve iyileştirme faaliyetleri sunulmuştur. Kalite evi ile analiz sonucunda mutlak önemi en yüksek olan, "fabrikadaki tüm çalışanlara endüstri 4.0 eğitimleri verme" faaliyeti yapılacak iyileştirmeler açısından önem kazanmıştır. "Sektör ihtiyaçlarına yönelik bölümlerin açılması" ve "fabrika süreçlerinin endüstri 4.0'a uygun hale getirilmesi" diğer önemli faaliyetlerdir. Bu konularda yapılacak iyileştirmeler, Türkiye'de imalat sanayinde endüstri 4.0'a geçiş sürecini olumsuz etkileyen birden fazla faktörün etkisini ortadan kaldırmaya destek olacak niteliktedir.

## Kaynakça

- Akben, İ., & Avcı, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 26-37.
- Arslan, F. (2018). Türkiye'de sürdürülebilir üretimde organize sanayi bölgelerinin rolü: Manisa organize sanayi bölgesi (MOSB) örneği. *Marmara Coğrafya Dergisi*(37), 167-182.
- Bulut, E., & Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında Türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.
- Fırat, O. Z., & Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), 211-223.
- Gabus, A., & Fontela, E. (1972). *World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL*. Retrieved from Geneva, Switzerland:
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107-119.
- Kılıç, S., & Alkan, R. M. (2018). Dördüncü sanayi devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49.
- Koçak, A., & Diyadin, A. (2018). Sanayi 4.0 Geçiş Süreçlerinde Kritik Başarı Faktörlerinin DEMATEL Yöntemi ile Değerlendirilmesi *Ege Akademik Bakış*, 18(1), 107-120.

- Nuroğlu, E., & Nuroğlu, H. (2018). Türkiye ve Almanya'nın sanayide dijital dönüşümü: Yol haritaları ve şirketlerin karşılaştırması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 1537-1560.
- Özkaya, A., Gür, Ş., & Eren, T. (2019). Endüstri 4.0'a Geçiş Sürecinin Analitik Ağ Süreci ile Değerlendirilmesi. *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 59-74.
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41-64.
- Öztürk, E., & Koç, K. H. (2017). Endüstri 4.0 ve Mobilya Endüstrisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 786-794.
- Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. Pittsburgh, PA: RWS Publications
- Singh, R., & Bhanot, N. (2020). An integrated DEMATEL-MMDE-ISM based approach for analysing the barriers of IoT implementation in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 58(8), 2454-2476.
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32, 43-57.
- Şener, S., & Eşevli, B. (2017). Endüstri 4.0'da yeni iş kolları ve yüksek öğrenim. *Mühendis Beyinler Dergisi*, 2017, 1(2), 1-13.
- Tunçel, S., Candan, Z., & Satır, A. (2017). Mobilya endüstrisinde gelecek vizyonu: Endüstri 4.0. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 152-159.
- Türkeş, M. C., Oncioiu, I., Aslam, H. D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D. I., & Capuşeanu, S. (2019). Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7(3), 153.
- Ünlü, F., & Atik, H. (2018). Türkiye'deki işletmelerin Endüstri 4.0'a geçiş performansı: Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırmalı ampirik analiz. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 431-463.
- Yalçın, M. F. (2018). Küresel rekabette Türkiye açısından dönüm noktası: Sanayi 4.0. *Sosyoekonomi*, 26(36), 225-233.