
LOJİSTİK FİRMALARINDA ENDÜSTRİ 4.0 UYUM SÜRECİNDE DİKKATE ALINACAK FAKTÖRLERİN BULANIK DEMATEL YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN¹ Bülent ÇEKİÇ,² İlker Murat AR³

Öz

Dördüncü Sanayi Devrimi olarak da adlandırılan Endüstri 4.0, teknolojiye yaşanan hızlı gelişmeler ile nesnelerin birbirleriyle iletişime ve etkileşime geçebileceği akıllı üretim dönemi olarak tanımlanmaktadır. Böylece, özellikle üretimdeki dijitalleşme ile birlikte sanal ve fiziksel sistemlerin birleştiği bir üretim sisteminden söz edilmektedir. Bu sistemsel yaklaşımın üretimle birlikte tüm faaliyetleri şekillendireceği dikkate alındığında Endüstri 4.0, lojistik firmaları için de önemli bir konu haline almaktadır. Bununla birlikte bu değişim, firmalar için bir uyum sürecini de beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada temel olarak lojistik firmalarının Endüstri 4.0'a uyum sürecinde dikkate alınacak faktörlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde dikkate alınacak faktörler arasındaki etkileşim düzeyinin belirlenmesi ve faktörlerin önem derecesinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Buna yönelik olarak literatür taraması sonucu elde edilen faktörler, Bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, lojistik firmaların Endüstri 4.0'a uyum sürecinde en yüksek etkiye sahip ilk üç faktörün sırasıyla; *uyum yeteneği, dijitalleşme düzeyi ve esneklik* olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Lojistik, Bulanık DEMATEL.

JEL Sınıflandırması: O33, M11, C44

THE EVALUATION OF THE FACTORS IN INDUSTRY 4.0 ADAPTATION PROCESS FOR LOGISTIC FIRMS WITH FUZZY DEMATEL METHOD

Abstract

Industry 4.0, also known as the Fourth Industrial Revolution, is defined as the period of intelligent production in which the rapid developments in technology exist and the objects can communicate and interact with each other. Digitalization in production means a production system in which virtual and physical systems are integrated. As the system approach is expected to shape all activities in production, Industry 4.0 can be considered as an important issue for logistics firms. However, this change necessitates an adaptation process for firms. The purpose of this study is mainly to evaluate the factors that can be taken into consideration in the adaptation process of logistics firms to Industry 4.0. In this context, it is aimed to determine the level of interaction between the factors to be considered in the adaptation process to Industry 4.0 and to determine the importance level of the factors. For this purpose, the factors obtained as a result of literature review were evaluated by Fuzzy DEMATEL method. As a result of the study, three factors, *the ability to adapt, the level of digitalization* and *flexibility* have been found to have the highest impact on the adaptation process to Industry 4.0 for logistics firms.

Keywords: Industry 4.0, Logistics, Fuzzy DEMATEL.

JEL Classification: O33, M11, C44

¹ Doç.Dr. Hacettepe Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, 06800, Ankara/Türkiye, mergun@hacettepe.edu.tr, ORCID:0000-0001-6905-1154

² Dr.Öğr.Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, 06800, Ankara/Türkiye, bulentc@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7134-4220

³ Prof.Dr. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, 06760, Ankara/Türkiye, ilkerar@ybu.edu.tr, ORCID:0000-0002-2176-622X

1. Giriş

Dijital Dönüşüm, Dijitalleşen Endüstri, Dördüncü Sanayi Devrimi, Akıllı İmalat, Sanayi 4.0 gibi kavramlarla da ifade edilen Endüstri 4.0, tüm sektörleri ve firmaları etkileyecek bir değişimi beraberinde getirmektedir (Fırat ve Fırat, 2017). Bu değişim, değer zinciri bileşenlerinin tamamının otomasyon sistemi içinde olmasını gerektirmektedir. Ayrıca, bu sistemlerin birbiriyle entegrasyonu da değişim sürecinin başarısında önemli derecede etkili olmaktadır. Üretim sürecindeki tüm bileşenlerin birbirleri ile anlık ve sürekli iletişim halinde olmasını hedefleyen Endüstri 4.0 kavramı; daha hızlı, kaliteli ve verimli bir sanayi dönüşümünü ifade etmektedir.

Endüstri 4.0 kavramının gelişimi ile birlikte pek çok sektörde bu kavrama yönelik çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bunlara örnek olarak; otomotiv (Lin vd., 2018), tekstil (Wang ve Ha-Brookshire, 2018; Bertola ve Teunissen, 2018), savunma (Bibby ve Dehe, 2018), mobilya (Tunçel vd., 2017; Öztürk ve Koç, 2017), turizm (Mil ve Dirican, 2018) ve eğitim (Sener ve Eleveli, 2017; Öztemel, 2018) verilebilir. Ayrıca yeni ürün geliştirme (Santos vd., 2017; Goksu vd., 2018), girişimcilik (Soylu, 2018), insan kaynakları (Sivathanu ve Pillai, 2018; Filizöz ve Orhan, 2018), pazarlama (Bilgiç ve Esen, 2018) ve muhasebe (Erturan ve Emre, 2018; Ergüden vd., 2018) gibi çeşitli işletmecilik alanlarında da Endüstri 4.0 ile ilgili çalışmalara rastlanmaktadır.

Endüstri 4.0'ın önemli uygulama alanlarından biri de lojistikdir. Bu kapsamda Endüstri 4.0'ın lojistik faaliyetlerde de önemli değişikliklere neden olacağı söylenebilir (Hompel ve Kerner, 2015). Solvay vd. (2017) tarafından yapılan çalışma sonucunda lojistiğin geleceğini etkileyen en önemli iki bileşenin dijitalleşme ve tedarik zincirinin otomasyonu olduğu belirlenmiştir. Özellikle siber fiziksel sistemler ile nesnelerin interneti teknolojisinin birleştirilmesi sonucunda, lojistik süreçlerde hız, zaman, maliyet ve risk açısından çok önemli avantajlar elde edilebileceği ifade edilmektedir (Hofmann ve Rüşch, 2017). Ayrıca lojistik firmalar açısından değerlendirildiğinde, Endüstri 4.0 uygulamalarının avantajları, etkinliğin artması ve sunulan hizmet kalitesinin yükselmesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Delfino vd., 2017). Liteartürde, lojistiğin bu yeni endüstriyel dönüşümü destekleyici rolüne atıfta bulunan çalışmalara da rastlanmaktadır (Douaioui vd., 2018).

Endüstri 4.0'ın gelişimi ve lojistiğin bu süreçteki önemine dayalı olarak araştırmacılar "Lojistik 4.0" ve "Akıllı Lojistik" gibi kavramları da kullanmaya başlamıştır. Timm ve Lorig (2015) bu kavramların aslında donanım temelli lojistik anlayışından yazılım temelli lojistik anlayışa dönüşümü tanımladığını ifade etmiştir. Bu kapsamda tedarik zinciri yönetimi disiplini ve lojistik sektöründe de Endüstri 4.0 konulu çalışmaların varlığı dikkat çekmektedir. Bu çalışmalar temelde, imalat işletmeleri içerisinde gerçekleştirilen lojistik işlemlere odaklanan ve lojistik firmalarındaki süreçlere odaklanan çalışmalar olarak ikiye ayrılabilir. Bu noktada çalışma amacına uygun olarak yalnızca lojistikfirmalarına yönelik çalışmalar incelemeye dahil edilmiştir.

Brzowska (2016) Endüstri 4.0 çerçevesinde ortaya konan yeni teknolojik gelişmelerin lojistik firmalarındaki süreçlere nasıl uygulanabileceğine yönelik çeşitli öneriler ortaya koymuştur. Andreotti (2017) lojistik firmalarının Endüstri 4.0 girişimlerini desteklemeye yönelik stratejik bir çerçeve oluşturmayı amaçladığı çalışmada, Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik firmalara uygulanabilirliğini ve avantajlarını detaylandırarak bu teknolojilerin uygulamasında dikkate alınacak başarı faktörlerini incelenmiştir. Benzer şekilde Szozda (2017), dördüncü sanayi devrimi sonucunda tedarik zinciri anlayışının karşı karşıya kaldığı zorlukları inceleyerek Endüstri 4.0'ın tedarik zincirindeki ürün ve bilgi akışı üzerindeki etkisini vaka analizi yöntemi ile belirlemeye çalışmıştır. Solvay vd. (2017) ulaştırma ve lojistikte meydana gelecek gelişmeleri, Endüstri 4.0 açısından değerlendirmiş ve pazar araştırması yoluyla analiz etmiştir. Trappey vd. (2017) nesnelerin interneti teknolojilerinin akıllı lojistik hizmetlere uyumunu, bir vaka analizi ele almıştır. Lin ve Yang (2018) akıllı bilgisayar sisteminin bir lojistik merkezin faaliyetlerine uygulamasını araştırdığı çalışmada metasezgisel yöntemleri kullanmıştır.

Konu hakkında Türkiye'de yapılan çalışmalara bakıldığında ise, ilk olarak Al vd. (2017)'nin çalışması dikkati çekmektedir. Endüstri 4.0'ın Türkiye'nin küresel rekabetçiliği üzerindeki olası

etkilerinin incelendiği çalışmada, Lojistik 4.0 stratejisini esas alan bir firma üzerinden çeşitli öneriler ortaya konmuştur. Endüstri 4.0 tabanlı dijital tedarik zincirinin yapısının incelendiği bir başka çalışmada (Yıldız vd., 2018), Endüstri 4.0 anlayışının benimsenmesi ve siber fiziksel sistemlerin uygulamaya alınması ile tedarik zincirindeki faaliyetlerin üretkenliğinin, esnekliğinin ve çevikliğinin artacağı belirtilmiştir. Şekkeli ve Bakan (2018) çalışmalarında, Endüstri 4.0 etkisi ile ortaya çıkan Lojistik 4.0 kavramının temel özelliklerini sunmuş ve potansiyel etkilerini tartışmıştır. Özdemir ve Özgüner (2018) tarafından yapılan çalışmada ise, Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne getireceği yenilikler ortaya konmuştur. Öztürk ve Köseoğlu (2018) Türkiye'deki lojistik ile hedefledikleri çalışmaları; firmalarının Endüstri 4.0'a hazırlık düzeyinin müşteri tabanına, firma vizyonuna ve firmanın faaliyet alanına göre değiştiği sonucuna ulaşmışlardır. Öztemel ve Gürsev (2018) lojistik sektörünün dijital dönüşümünde alabileceği role ilişkin olarak bir anket çalışması gerçekleştirerek hangi teknolojilerin öncelikli olarak uygulanması ve yatırım stratejilerinin ne olması gerektiği sorularına cevap aramışlardır. Firmaların Endüstri 4.0 seviyelerini belirlemeye yönelik çalışmalara bakıldığında Kiraz vd. (2019) çalışması dikkati çekmektedir. Bulanık Bilişsel Haritalama yönteminin kullanıldığı çalışmada, firmaların Endüstri 4.0 seviyelerini öngören bir model oluşturulmuştur.

Yukarıda ortaya konan çalışmalardan da görülebileceği gibi, lojistik firmalarına yönelik Endüstri 4.0 araştırmalarının sayısında özellikle son yıllarda artış yaşanmıştır. Bununla birlikte araştırmaların temel olarak iki gruba ayrıldığı görülmektedir. İlk grupta yer alan araştırmalarda genel olarak Endüstri 4.0'ın lojistik süreçlere olası etkileri belirlenmeye çalışılmış ve ortaya çıkacak avantajlar incelenmiştir. İkinci grup araştırmalarda ise, Endüstri 4.0 uygulamalarının lojistik süreçlere uyumu konusuna odaklanılmış ve temelde hangi teknolojilere yatırım yapılması gerektiği sorusuna cevap aranmıştır.

Özellikle üretimdeki dijitalleşme ile birlikte sanal ve fiziksel sistemlerin birleştiği bir üretim sisteminden söz edilmektedir. Bu sistemsel yaklaşımın üretimle birlikte tüm faaliyetleri şekillendireceği dikkate alındığında, Endüstri 4.0, lojistik firmaları için de önemli bir konu haline almaktadır. Bununla birlikte bu değişim, firmalar için bir uyum sürecini de beraberinde getirmektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada temel olarak, lojistik firmalarında Endüstri 4.0'a uyum sürecinde dikkate alınacak faktörlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde dikkate alınacak faktörler arasındaki etkileşim düzeyinin belirlenmesi ve faktörlerin önem derecesinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Buna yönelik olarak literatür taraması sonucu elde edilen faktörler, Bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Bulanık DEMATEL yöntemi, çeşitli süreçlere ilişkin kritik başarı faktörlerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kapsamda Bulanık DEMATEL yöntemi; esnek üretim sistemine etki eden faktörlerin (Ada vd., 2011), üniversite öğrencilerinin meslek seçiminde etkili olan faktörlerin (Akın, 2017), yeni ürün geliştirme sürecindeki önemli faktörlerin (Fekri vd., 2009) ve acil durum yönetimindeki kritik başarı faktörlerinin (Li vd., 2014; Han ve Deng, 2018) belirlenmesi gibi uygulamalarda kullanılmıştır. Ayrıca, tersine lojistik uygulamalarının seçimi (Candan, 2018) ile tedarik zincirinde bilgi yönetimi uyumuna (Patil ve Kant, 2013; Patil ve Kant, 2014) ilişkin kritik başarı faktörlerinin de Bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirildiği görülmektedir.

Literatürde Bahadır (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Endüstri 4.0 teknolojilerinden biri olarak robotların seçim kararının VIKOR yöntemi kullanılarak verildiği görülmektedir. Ayrıca Göçmen ve Erol (2018)'un Endüstri 4.0'a geçiş için önemli olan teknolojileri önceliklendirmek üzere bir bulanık model oluşturduğu tespit edilmiştir. Koçak ve Diyardin (2018) ise Endüstri 4.0 geçiş süreçlerindeki kritik başarı faktörlerini bir tekstil firması örneği üzerinden DEMATEL yöntemi aracılığıyla incelemiştir. Bununla birlikte, literatürde lojistik firmalarını Endüstri 4.0'a uyum süreci açısından değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde ilk olarak Endüstri 4.0 uyum sürecinde dikkate alınacak faktörleri içeren araştırma modeli ortaya konmuştur. Ardından kullanılan yöntemle ilişkin bilgiler verilmiştir. Analiz sonucu elde edilen bulguların sunulmasından sonra ise sonuç ve öneriler bölümü ile çalışma tamamlanmıştır.

2. Araştırma Modeli

Çalışma amacına yönelik ilk olarak lojistik firmalarının Endüstri 4.0'a uyum sürecinde dikkate alınacak faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Buna yönelik olarak ilk aşamada literatür taraması sonucu elde edilen faktörler, araştırmanın yazarları tarafından derlenerek gruplandırılmıştır. Sonraki aşamada ise faktörler, lojistik firmasından bir uzman ve lojistik konusunda çalışan iki akademisyen tarafından değerlendirilmiştir. Bu süreç sonunda; çalışmanın faktörleri, bu faktörlere ilişkin açıklamalar ve dikkate alınan çalışmalar Tablo1'de ortaya konmuştur.

Tablo 1. Endüstri 4.0 Uyum Süreci Değerlendirmesinde Dikkate Alınacak Faktörler

Faktör	Açıklama	Kaynak
Yetkinlikler (A)		
Üst Yönetim Desteği (A ₁)	Endüstri 4.0'a geçiş sürecinin firmanın üst yönetimi tarafından teşvik edilmesi ve desteklenmesi.	Jabbour vd. (2018), Luthra ve Mangla (2018)
Uyum Yeteneği (A ₂)	Firmanın mevcut iş süreçlerinin Endüstri 4.0'ın gerektirdiği yeni iş yapma modellerine uyum yeteneği.	Andreotti (2017), Luthra ve Mangla (2018), Maasz ve Darwish (2018)
İşbirliği ve İletişim (A ₃)	Firma içi (birimler ve kişiler arasındaki) yatay ve dikey iş birliği ve iletişimin seviyesi.	Luthra ve Mangla (2018)
Farkındalık Düzeyi (A ₄)	Firmanın Endüstri 4.0 kavramı ve uygulamaları hakkındaki bilinç düzeyi.	Luthra ve Mangla (2018)
Gereklilikler (B)		
Dijitalleşme Düzeyi (B ₁)	Firmanın faaliyetlerini ve süreçlerini gerçekleştirirken kullandığı (uyguladığı) bilgi ve iletişim teknolojilerinin düzeyi.	Solvay vd. (2017)
Otomasyon Düzeyi (B ₂)	Firmada yürütülen faaliyetlere ilişkin otomasyon düzeyi.	Solvay vd. (2017)
Esneklik (B ₃)	Firmanın özellikle teknolojik ve donanımsal altyapısının esneklik (değişikliklere cevap verebilme) düzeyi.	Bär vd. (2018)
Sistem Entegrasyonu (B ₄)	Firmada kullanılan teknolojik platformlar arasındaki entegrasyon düzeyi.	Andreotti (2017), Maasz ve Darwish (2018)
Altyapı (C)		
Teknolojik Altyapı (C ₁)	Mevcut teknolojik altyapının Endüstri 4.0 geçiş sürecine (nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, akıllı depolar, büyük veri, bulut sistemler vb.) uygunluğu.	Rojko (2017), Koçak ve Diyadin (2018)
İnsan Kaynağı Altyapısı (C ₂)	Mevcut insan kaynağı altyapısının Endüstri 4.0 geçiş sürecine uygunluğu.	Brzozowska (2016), Maasz ve Darwish (2018)
Finansal Kaynak (C ₃)	Mevcut finansal kaynağının (imkanların) Endüstri 4.0 geçiş sürecini destekleme düzeyi.	Luthra ve Mangla (2018)
Dışsal Faktörler (D)		
Kamu Teşvikleri (D ₁)	Endüstri 4.0 dönüşüm süreçlerine ilişkin olarak sağlanan kamu destek ve teşvikleri.	Singh vd. (2018), Torres (2018)

Rekabet Düzeyi Endüstri 4.0 uygulamalarına geçilmesine Araştırmanın Yazarları
(D₂) yönelik sektördeki rekabet düzeyi.

Buna göre lojistik firmalarının Endüstri 4.0'a uyum sürecinde dikkate alınacak faktörler; *yetkinlikler, gereklilikler, altyapı ve dışsal faktörler* olmak üzere 4 ana başlık altında toplanmıştır. Bu ana başlıkların altında yer alan alt başlıklar dikkate alındığında ise toplam 13 faktörün oluştuğu görülmektedir.

3. Bulanık DEMATEL Yöntemi

Bu çalışma kapsamında Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde dikkate alınacak faktörler arasındaki etkileşim düzeyinin belirlenmesi ve faktörlerin önem derecesinin tespit edilmesi, Bulanık DEMATEL yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Karmaşık faktörler arasındaki nedensellik ilişkilerini ortaya koymak için kullanılan DEMATEL yöntemi, faktörler arasındaki ilişkilerin türünü de belirlemektedir (Organ, 2013: 159). Bu yöntem ile ayrıca birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden faktörlerin öncelik sırasına göre değerlendirilmesi de mümkün olmaktadır (Akin, 2017: 818).

DEMATEL yönteminin en önemli üstünlüklerinden biri, faktörleri etkileyen (sebeup) ve etkilenen (sonuç) kriterleri olarak gruplandırmasıdır. Buna göre diğer faktörler üzerinde daha fazla etkiye ve yüksek önceliğe sahip faktörler, *etkileyen (sebeup)*; daha çok etki altında kalan ve düşük önceliğe sahip olan faktörler ise *etkilenen (sonuç)* kriterler olarak nitelendirilmektedir (Aksakal ve Dağdeviren, 2010: 907). Buna karşın DEMATEL yönteminin en önemli zayıflığı, faktörler arasındaki etkileşimin boyutunun sayısal olarak ortaya konulmasındaki zorluktur. Bulanık DEMATEL yöntemi ile bu zorluğun ortadan kaldırılması mümkün olmaktadır (Altan ve Aydın, 2015: 103).

Karar vericilerin algılarını ve tercihlerini ifade etmede belirsiz kalmaları, nesnelerin geleneksel küme yaklaşımı ile kesin olarak gruplanmasını zorlaştırabilmektedir. Zadeh (1965) bu belirsizliği ortadan kaldırmak için bulanık küme teorisini ortaya koymuştur. Bulanık küme teorisi, insan yargılarındaki muğlaklık ve öznellikleri çözümlenmek amacıyla karar verme sürecinde dilsel değişkenleri ifade etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bulanık mantık ve geleneksel DEMATEL'in birleşimi ile ortaya çıkan yöntem Bulanık DEMATEL olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak, faktörler arasındaki etkileşimlerin ve faktörlerin Endüstri 4.0'a uyum sürecindeki öneminin ortaya konması amaçlanmıştır. Böylece, yüksek yatırım maliyetleriyle gerçekleştirilmesi öngörülen Endüstri 4.0'a geçiş sürecinin etkinliğinin artırılması hedeflenmiştir. Bulanık DEMATEL yönteminin uygulama adımları ise aşağıda sıralanmıştır (Wu ve Lee, 2007; Kabak vd., 2016; Nilashi vd., 2015; Akin, 2017; Organ, 2013):

Adım 1- Karar probleminin tanımlanması ve bulanık ölçeğin oluşturulması: Yöntem kapsamında ilk olarak karar probleminin tanımlanması gerekmektedir. Ardından etkileyen (sebeup) ve etkilenen (sonuç) ilişkisine sahip faktörlerin belirlenmesi için bu faktörler arasındaki ilişkiler, uzmanlar tarafından ikili karşılaştırılmalarla değerlendirilmelidir. Buradaki zorluk bir kriterin diğer bir kriteri ne derece etkilediğini saptamaktadır. Bunun aşılması Tablo 2'de önerilen bulanık dilsel değişken ölçeğinden faydalanarak gerçekleştirilir. Dilsel terimler, üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmektedir.

Tablo 2. Bulanık Dilsel Ölçek ve Karşılık Gelen Üçgen Bulanık Sayılar

Dilsel İfade	Üçgen Bulanık Sayılar
Etki Yok	(0; 0; 0.25)
Düşük Derecede Etki	(0; 0.25; 0.50)
Orta Derecede Etki	(0.25; 0.50; 0.75)
Yüksek Derecede Etki	(0.50; 0.75; 1)
Çok Yüksek Derecede Etki	(0.75; 1; 1)

Adım 2- Bulanık Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması: Karar problemi ve faktörlerin belirlenmesinin ardından faktörler arası ilişkilerin ölçülmesi aşamasında üçgensel bulanık sayı karşılıklarından oluşan bulanık değerlendirme ölçeği kullanılmaktadır. Üçgensel bulanık sayı kümesi (l, m, u) , hesaplama kolaylığı nedeniyle araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Chen, 2000; Büyüközkan ve Çifçi, 2012). Buradaki l, m ve u parametreleri; sırasıyla bir bulanık olayı tanımlayan en küçük mümkün sayıyı, en uygun değeri ve en büyük mümkün sayıyı temsil etmektedir. Bulanık direkt ilişki matrisleri, $(n \times n)$ yapıya sahip olup uzmanların Tablo 2'deki ölçeği kullanarak faktörlerin birbirini etkileme düzeylerini ikili olarak değerlendirmesinden sonra uzman sayısı (p) kadar oluşturulmaktadır. Bulanık dilsel ölçek kullanılarak oluşturulan matris, bu ifadelerle karşılık gelen üçgen bulanık sayılara göre $\tilde{Z}_{ij} = l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}$ şeklinde yeniden düzenlenmekte ve elde edilen matrislerdeki değerlerin ortalamaları alınarak p kadar karar vericinin grup kararını gösteren Bulanık Direkt İlişki Matrisi (\tilde{Z}) elde edilmektedir.

Adım 3- Normalize Edilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması: Bulanık Direkt İlişki Matrisi'nde yer alan tüm sütunlar ayrı ayrı toplanarak l, m ve u değerlerinin en yüksek olanları belirlenir. Sonrasında (1) ve (2) numaralı eşitliklerden faydalanarak Bulanık Direkt İlişki Matrisi'nde yer alan tüm değerler kendi grubunun en yüksek değerine bölünerek normalize edilir. Bu aşamada tüm elemanları (0-1) aralığında yer alan Normalize Edilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisi (\tilde{X}) elde edilir.

$$\tilde{X}_{ij}^k = \frac{\tilde{z}_{ij}^k}{r^k} = \left(\frac{l_{ij}^k}{r^k}, \frac{m_{ij}^k}{r^k}, \frac{u_{ij}^k}{r^k} \right) \quad (1)$$

$$r^k = 1 < i < n \left(\sum_{j=1}^n (l, m, u)_{ij}^k \right) \quad (2)$$

Adım 4- Bulanık Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması: Bu adımda normalize edilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisi'nden hareketle eşitlik (3) kullanılarak, Bulanık Toplam İlişki matrisi (\tilde{T}) elde edilir. Eşitlikte l , birim matrisi göstermektedir.

$$\tilde{T} = X \cdot (I - X)^{-1} \quad (3)$$

Adım 5- Etkileyen ve Etkilenen Faktörlerin Belirlenmesi: Bulanık Toplam İlişki Matrisi oluşturulduktan sonra satır (D) ve sütun (R) değerlerinin toplamı hesaplanır. Bu değerler hesaplandıktan sonra her bir faktör için (D+R) ve (D-R) hesaplamaları yapılır. (D-R) değeri pozitif olan faktörler *etkileyen (sebep)* olarak adlandırılırken, (D-R) değeri negatif olan faktörler ise *etkilenen (sonuç)* olarak isimlendirilir.

Adım 6- Durulaştırma İşleminin Gerçekleştirilmesi ve Faktör Ağırlıklarının Belirlenmesi: Bir önceki aşamada hesaplanan (D+R) ve (D-R) değerleri üçgensel bulanık sayılardan türettiği için üç tane değer içermektedir. Bunları tek değer haline getirebilmek için eşitlik (4) ve (5) aracılığıyla durulaştırma yöntemi uygulanır. Ardından faktörlerin karar problemi açısından önem ağırlıkları, eşitlik (6) ve (7) yardımıyla bulunur.

$$D_i + R_i = \frac{1}{4} (l + 2m + u) \quad (4)$$

$$D_i - R_i = \frac{1}{4} (l + 2m + u) \quad (5)$$

$$W_i = \{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2\}^{1/2} \quad (6)$$

$$W_i = \frac{w_1}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (7)$$

4. Bulgular

Adım 1- Çalışmanın karar problemi, lojistik firmaların Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde dikkate alınacak faktörler arasındaki etkileşim düzeyinin belirlenmesi ve faktörlerin önem derecesine göre

değerlendirilmesidir. Buna yönelik olarak Tablo 1’de gösterilen ve 4 ana başlık altında toplanan toplam 13 faktör belirlenmiştir. Bu faktörler, belirlenen uzman grup tarafından Tablo 2’deki ölçek doğrultusunda karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.

Uzman grup, hem Endüstri 4.0 hem de lojistik konusunda bilgi sahibi toplam beş kişiden (üçü öğretim üyesi ve ikisi uygulamacı olmak üzere) oluşturulmuştur. Uzmanların her birinden toplanan veriler, MsExcel aracılığıyla dönüşüm ve hesaplamalara tabi tutulmuş ve modele ilişkin çözüm setleri yine MsExcel aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Adım 2- Değerlendiriciler tarafından ayrı ayrı olarak yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu oluşan matrisler, üçgen bulanık sayılara göre yeniden düzenlenmiştir. Beş uzmanın görüşleri ile elde edilen matrislerdeki değerlerin ortalamaları alınmış, uzmanların grup kararını gösteren Bulanık Direkt İlişki Matrisi (Ek 1) elde edilmiştir.

Adım 3- Yöntem kısmında belirtilen (1) ve (2) numaralı eşitlikler yardımıyla bir önceki aşamada oluşturulmuş olan Bulanık Direkt İlişki Matrisi’nden Normalize Edilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisi (Ek 2) elde edilmiştir.

Adım 4- Bu adımda, Normalleştirilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisi’ndeki her bir üçgen bulanık sayıya ait l , m ve u değerleri birleştirilerek, üç yeni matris elde edilmiştir. Bu matrislere göre yeniden düzenlenmiş Normalize Edilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisleri bulunmuştur. Bu matrislerin her biri, birim matristen çıkarılmış ve elde edilen yeni matrislerin tersi alınarak l , m ve u değerlerine göre oluşturulan matrislerle çarpılmıştır. Daha sonra bu matrisler birleştirilerek, Bulanık Toplam İlişki Matrisi (Ek 3) oluşturulmuştur.

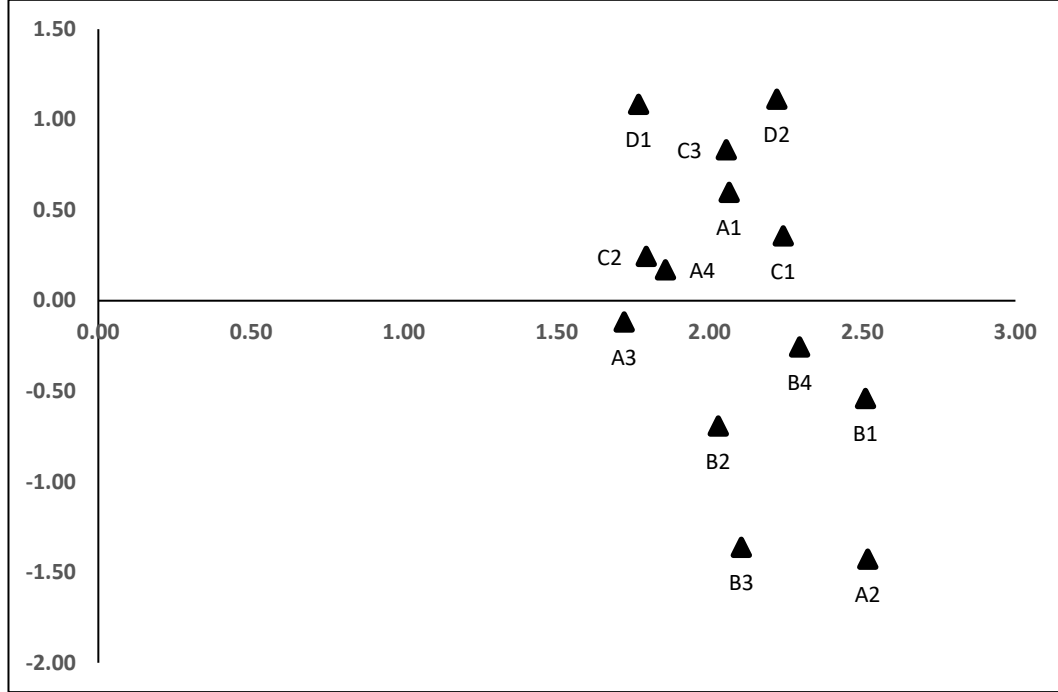
Adım 5 - Bulanık Toplam İlişki Matrisi oluşturulduktan sonra D ve R değerleri belirlenmiştir. Bir faktör tarafından başka faktörlere gönderilen doğrudan veya dolaylı etkilerin toplamını gösteren “D” bulanık toplam ilişki matrisinin satır değerleri; aynı faktöre diğer faktörlerden gelen etkilerin toplamını gösteren “R” ise sütun değerleri toplanarak elde edilmiştir. Bu değerler hesaplandıktan sonra her bir faktör için (D+R) ve (D-R) hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler, Ek 4’te gösterilmiştir. (D+R) değeri yüksek olan faktörlerin diğer faktörlerle ilişkisi daha kuvvetlidir. (D-R) değeri pozitif olan faktörler ise diğer faktörler üzerinde daha fazla etkiye sahiptirler.

Adım 6- Beşinci adımda üçgensel bulanık sayılar (l , m , u) olarak hesaplanan (D+R) ve (D-R) değerlerinin tek bir sayıya dönüştürülmesi için (6) ve (7) numaralı eşitlikler kullanılarak durulaştırma işlemi yapılmıştır. Faktör ağırlıklarının belirlenebilmesi için ise (8) ve (9) numaralı eşitlikler kullanılmıştır. Nihayetinde faktör ağırlıklarına ilişkin elde edilen değerlere Tablo 3’te yer verilmiştir. Bununla beraber faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimi Grafik 1’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Faktör Ağırlıkları

Faktörler	D+R	D-R	w	W
A ₁	2,0634	0,5986	2,1485	0,0741
A ₂	2,5169	-1,4285	2,8940	0,0998
A ₃	1,7198	-0,1176	1,7238	0,0594
A ₄	1,8547	0,1693	1,8624	0,0642
B ₁	2,5094	-0,5406	2,5670	0,0885
B ₂	2,0275	-0,6929	2,1426	0,0739
B ₃	2,1037	-1,3628	2,5066	0,0864
B ₄	2,2943	-0,2558	2,3086	0,0796
C ₁	2,2406	0,3571	2,2689	0,0782
C ₂	1,7928	0,2439	1,8094	0,0624
C ₃	2,0539	0,8327	2,2162	0,0764
D ₁	1,7677	1,0838	2,0735	0,0715
D ₂	2,2198	1,1128	2,4831	0,0856

Grafik 1: Etki Grafiği



5. Sonuç ve Öneriler

Üretimin dijitalleşmesi olarak da ifade edilen ve hızlı teknolojik değişimlerin yaşandığı içinde bulunduğumuz Endüstri 4.0 çağı, her sektörü etkilediği gibi lojistik sektörünü de etkilemektedir. Bu çalışmada, lojistik firmalarının Endüstri 4.0'a uyum sürecinde dikkate alınması gereken faktörlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde dikkate alınacak faktörler arasındaki etkileşim düzeyinin belirlenmesi ve faktörlerin önem derecesinin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın amacına yönelik olarak ilk aşamada lojistik firmalarının Endüstri 4.0'a uyum sürecinde dikkate alınacak faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre literatür taraması sonucu elde edilen faktörler; *yetkinlikler*, *gereklilikler*, *altyapı* ve *dışsal faktörler* olmak üzere 4 ana başlık altında toplanmıştır. Bu ana başlıkların altında yer alan alt başlıklar dikkate alındığında ise toplam 13 faktör ortaya çıkmıştır.

Faktörlerin belirlenmesinin ardından oluşturulan bir form aracılığıyla bu faktörlerin değerlendirilmesi sürecine geçilmiş ve elde edilen veriler, Bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmiştir. Böylece, DEMATEL yöntemindeki faktörler arasındaki etkileşimin boyutunun sayısal olarak ortaya konulmasındaki zorluğun ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, faktörler etkileyen (sebeup) ve etkilenen (sonuç) olarak gruplandırılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda çalışma modeli kapsamında dikkate alınan toplam 13 faktörün 7'si (üst yönetim desteği, farkındalık düzeyi, teknolojik altyapı, insan kaynağı altyapısı, finansal kaynak, kamu teşvikleri ve rekabet düzeyi) etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir. Bu faktörler, diğer faktörlere göre Endüstri 4.0'a uyum sürecini daha çok etkilemektedir. Dikkate alınan faktörlerden 6'sı (uyum yeteneği, işbirliği ve iletişim, dijitalleşme düzeyi, otomasyon düzeyi, esneklik ve sistem entegrasyonu) ise, etkilenen faktörler olarak tespit edilmiştir. Bu faktörler, uyum sürecinde daha çok etki altında kalan faktörler olarak değerlendirilmektedir. Buna göre, öncelik ve toplam etki

(D+R), değerleri yüksek olan dijitalleşme düzeyi, uyum yeteneği ve sistem entegrasyonu diğer kriterlere göre lojistik firmalarının Endüstri 4.0'a uyum sürecinde kritik bir öneme sahiptir.

Elde edilen sonuçlar, ana başlıklar açısından değerlendirildiğinde; altyapı ve dışsal faktörler ana başlığı altındaki tüm faktörlerin etkileyen faktörler arasında olduğu görülmektedir. Buna karşın gereklilikler ana başlığına ilişkin tüm faktörler, etkilenen faktörler olarak tespit edilmiştir.

Faktörlerin ağırlıklarına ilişkin sonuçlar incelendiğinde lojistik firmalarının Endüstri 4.0'a uyum sürecinde en etkili ilk üç faktörün sırasıyla; uyum yeteneği, dijitalleşme düzeyi ve esneklik olduğu görülmüştür. Buna göre lojistik firmalarının mevcut iş süreçlerini Endüstri 4.0'ın gerektirdiği yeni iş yapma modellerine göre dönüştürebilmesi, en önemli gereklilik olarak dikkati çekmektedir. Ayrıca firmalarda kullanılan bilgi ve iletişim teknolojilerinin düzeyi ile teknolojik altyapının değişikliklere cevap verebilme yeteneği de Endüstri 4.0'a uyum kabiliyetini yüksek oranda etkilemektedir.

Çalışmanın sonuçları ile Koçak ve Diyadin (2018) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları arasında uyum sürecinde dikkate alınacak kriterlerin önem ağırlıkları açısından bazı farklılıklar bulunmaktadır. Buna göre söz konusu çalışma; büyük veri yönetimi, akıllı fabrikalar ve enformasyon sistem ve teknolojileri olarak sıralanan üç faktörün işletme açısından en önemli başarı faktörü olduğunu ortaya koymaktadır. Bu farklılığın her iki çalışmanın dikkate aldıkları sektörlerin farklı olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Çalışmanın kısıtları arasında, uygulama sürecinde sıralamayı esas alan bir yöntemin kullanılmamış olması yer almaktadır. Ayrıca çalışmada elde edilen bulgular, yalnızca lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmalara yönelik sonuçlar içermektedir. Bu doğrultuda ileriki çalışmalarda, çalışmanın farklı sektörleri ve sıralama esaslı Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerini de kapsayacak şekilde genişletilmesi mümkün olabilir.

Kaynakça

Ada, E., Kazançoğlu, Y., Aksoy, M. (2011), Esnek Üretim Sistemlerine Etki Eden Faktörlerin Bulanık DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Değerlendirilmesi, *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 23-24 Haziran 2011, 722-731.

Akın, N.G. (2017), İşletme Bölümü Öğrencilerinin Meslek seçimini Etkileyen Faktörlerin Bulanık Dematel Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *Uluslararası Yönetim, İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(4), 873-890.

Aksakal, E., Dağdeviren, M. (2010), ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4), 905-913.

Al, E., Özsalih, E., Yenipazarlı, B.M. (2017), Uygulama Örnekleri İle Neden Lojistik 4.0, *Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi*, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, 53.

Altan, Ş., Aydın, E. K. (2015), Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri İle Üçüncü Parti Lojistik Firma Seçimi İçin Bütünleşik Bir Model Yaklaşımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20 (3), 99-119.

Andreotti, C. (2017), *Evaluation of the Benefits to European Logistics Operations by Adopting Industry 4.0 Approaches*, Graduate Thesis, Università Di Pisa, Italy.

Bahadır, B. (2017), *Integrated VIKOR with Multiple Preference Relations for Collaborative Robot Selection*, Graduate Thesis, Galatasaray University, Turkey.

Bär, K., Herbert-Hansen, Z.N.L., Khalid, W. (2018), Considering Industry 4.0 Aspects in the Supply Chain for an SME, *Production Engineering*, 12, 747-758.

Bertola, P., Teunissen, J. (2018), Fashion 4.0. Innovating Fashion Industry Through Digital Transformation, *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(4), 352-369.

Bibby, L., Dehe, B. (2018), Defining and Assessing Industry 4.0 Maturity Levels-Case of the Defence Sector, *Production Planning & Control*, 29(12), 1030-1043.

Bilgiç, E., Esen, M.F. (2018), Endüstri 4.0 Işığında Veri Madenciliği ve Pazarlama: Literatür Taramasıyla Son Gelişmeler, Yeni Trendler, *İşletme ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2, 21-29.

Brzozowska, M. (2016), Industry 4.0-Impact on Logistics Processes Management, in *Agile Commerce* (Ed: Katarzyna Kolasinska-Morawska), Warszawa, Poland, 87-100.

Büyüközkan, G., Çifçi, G. (2012), A Novel Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS to Evaluate Green Suppliers, *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000-3011.

Candan, G. (2018), İlaç Sektöründe Başarılı Tersine Lojistik Uygulamaları İçin Faktörlerin Değerlendirilmesi: Bulanık Mantık Temelli Yaklaşım, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(3), 592-605.

Chen, C. T. (2000), Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1-9.

Dağdeviren, M., Yüksel, İ., Kurt, M. (2008), A Fuzzy Analytic Network Process (ANP) Model to Identify Faulty Behavior Risk (FBR) in Work System, *Safety Science*, 46(5), 771-783.

Delfino, A., Damiani, L., Revetria, R., Schenone, M. (2017), Logistics in a Connected World: Industry 4.0 and Open Source Technologies, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2017 Vol II WCECS 2017*, October 25-27, San Francisco, USA.

Douaioui, K., Fri, M., Mabrouk, C., Semma, E.A. (2018), The Interaction Between Industry 4.0 and Smart Logistics: Concepts and Perspectives, *2018 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)*, 26-27 April, Tangier, Morocco, 128-132.

Ergüden, A.E., Kaya, C.T., Tanyer, B., Türkyılmaz, M. (2018), Endüstri 4.0'ın Getirdiği Devrimsel Değişimler Işığında Muhasebe Sistemlerinin Yeniden Yapılandırılması, *Muhasebe ve Denetim Bakış*, 54, 139-148.

Erturan, İ.E., Emre, E. (2018), Muhasebe Mesleğinde Dijitalleşme: Endüstri 4.0 Etkisi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(72), 34-42.

Fekri, R., Aliahmadi, A., Fathian, M.J. (2009), Identifying the Cause and Effect Factors of Agile NPD Process with Fuzzy DEMATEL Method: The Case of Iranian Companies, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(6), 637.

Fırat, O.Z., Fırat, S. Ü. (2017), Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), 211-223.

Filizöz, B., Orhan, U. (2018), İnsan Kaynakları Yönetimi Bağlamında Endüstri 4.0: Bir Yazın Çalışması, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 110-117.

Goksu, N., Koska, A., Erdem, M.B., Yılmaz, A. (2018), Yeni Ürün Geliştirme Noktasında Endüstri 4.0 Rolü: Kahramanmaraş Metal Mutfak Sanayiinde Bir Araştırma, *PressAcademia Procedia (PAP)*, 7, 418-421.

Göçmen, E., Erol, R. (2018), The Transition To Industry 4.0 in One of The Turkish Logistics Company, *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 76-85.

Han, Y., Deng, Y. (2018), An Enhanced Fuzzy Evidential DEMATEL Method With its Application To Identify Critical Success Factors, *Soft Computing*, 22(5), 5073-5090.

Hofmann, E., Rüsç, M. (2017), Industry 4.0 and the Current Status as well as Future Prospects on Logistics, *Computers in Industry*, 89, 23-34.

- Hompel, M., Kerner, S. (2015), Logistik 4.0, *Informatik Spektrum*, 38(3), 176-182.
- Jabbour, A.B.L.S., Jabbour, C.J.C., Foropon, C., Filho, M.G. (2018), When Titan Meet – Can Industry 4.0 Revolutionise the Environmentally-Sustainable Manufacturing Wave? The Role of Critical Success Factors, *Technological Forecasting & Social Change*, 132, 18-25.
- Kabak, Ö., Ülengin, F., Çekyay, B., Önsel, Ş., Özyayın, Ö. (2016), Critical Success Factors for The Iron and Steel Industry in Turkey: A Fuzzy DEMATEL Approach, *International Journal of Fuzzy Systems*, 18(3), 523-536.
- Kiraz, A., Canpolat, O., Erkan, E.F., Uygun, Ö. (2019), IMPULS Kriterleri ile Endüstri 4.0 Eğiliminin Değerlendirilmesi: Bir Bulanık Bilişsel Harita Uygulaması, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(1), 14-23.
- Koçak, A., Diyadin, A. (2018), Sanayi 4.0 Geçiş Süreçlerinde Kritik Başarı Faktörlerinin DEMATEL Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *Ege Akademik Bakış*, 18(1), 107-120.
- Li, Y., Hu, Y., Zhang, X., Deng, Y., Mahadevan, S. (2014), An Evidential DEMATEL Method to Identify Critical Success Factors in Emergency Management, *Applied Soft Computing*, 22, 504-510.
- Lin, D., Lee, C.K.M., Lau, H., Yang, Y. (2018), Strategic Response to Industry 4.0: An Empirical Investigation on the Chinese Automotive Industry, *Industrial Management & Data Systems*, 118(3), 589-605.
- Lin, C.-C., Yang, J.W. (2018), Cost-Efficient Deployment of Fog Computing Systems at Logistics Centers in Industry 4.0, *IEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(10), 4603-4611.
- Luthra, S., Mangla, S.K. (2018), Evaluating Challenges to Industry 4.0 Initiatives for Supply Chain Sustainability in Emerging Economies, *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168-179.
- Maasz, G.J., Darwish, H. (2018), Towards an Initiative-Based Industry 4.0 Maturity Improvement Process: Master Drilling A Case Study, *South African Journal of Industrial Engineering*, 29(3), 92-107.
- Mil, B., Dirican, C. (2018), Endüstri 4.0 Teknolojileri ve Turizme Etkileri, *Disiplinlerarası Akademik Turizm Dergisi*, 1(3), 1-9.
- Nilashi, M., Zakaria, R., Ibrahim, O., Majid, M.Z.A., Zin, R. M., Farahmand, M. (2015), MCPCM: a DEMATEL-ANP-based Multi-Criteria Decision-Making Approach to Evaluate The Critical Success Factors in Construction Projects, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(2), 343-361.
- Organ, A. (2013), Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Makine Seçimini Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 157-172.
- Özdemir, A., Özgüner, M. (2018), Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0, *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 6(4), 39-47.
- Öztemel, E., Gürsev, S. (2018), Türkiye’de Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0 Etkileri ve Yatırım İmkanlarına Bakış Üzerine Anket Uygulaması, *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 145-154.
- Öztemel, E. (2018), Eğitimde Yeni Yönelimlerin Değerlendirilmesi ve Eğitim 4.0, *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 25-30.
- Ozturk, M. G., Koseoglu, A.M. (2018), Measuring the Readiness Level of Logistics Companies to Industry 4.0, *PressAcademia Procedia (PAP)*, 7, 303-305.
- Öztürk, E., Koç, K.H. (2017), Endüstri 4.0 ve Mobilya Endüstrisi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 786-794.

Patil, S.K., Kant, R. (2013), A Fuzzy DEMATEL Method to Identify Critical Success Factors of Knowledge Management Adoption in Supply Chain, *Journal of Information & Knowledge Management*, 12(3), 1-15.

Patil, S.K., Kant, R. (2014), Knowledge Management Adoption in Supply Chain: Identifying Critical Success Factors Using Fuzzy DEMATEL Approach, *Journal of Modelling in Management*, 9(2), 160-178.

Rojko, A. (2017), Industry 4.0 Concept: Background and Overview, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 77-90.

Santos, K., Loures, E., Piechnicki, F., Canciglieri, O., (2017), Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0, *Procedia Manufacturing*, 11,1358-1365.

Sener, S., Elevli, B. (2017), Endüstri 4.0'da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim, *Mühendis Beyinler Dergisi*, 2(1), 25-37. Mobilya Endüstrisinde Gelecek Vizyonu: Endüstri 4.0, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 152-159.

Singh, J., Garg, D., Luthra, S. (2018), An Analysis of Critical Success Factors for Industry 4.0: An Application on Analytical Hierarchy Process, *Industrial Engineering Journal*, 11(9), 1-15.

Sivathanu, B., Pillai, R. (2018), Smart HR 4.0-How Industry 4.0 is Disrupting HR, *Human Resource Management International Digest*, 26(4), 7-11.

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

Solvay, A.F., Hoffmann, M., Haberstroh, M., Schouba, P., Meisen, T., Jeschke, S. (2017), Is Logistics ready for 4.0? – Key Findings of an Extensive Market Research, *ITS World Congress 2017*, Montreal, Canada, October 29-November 2.

Szozda, N. (2017), Industry 4.0 and Its Impact on The Functioning of Supply Chains, *Log Forum*, 13(4), 401-414.

Şekeli, Z.H., Bakan, İ. (2018), Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0, *Journal of Life Economics*, 5(2), 17-36.

Timm, I.J., Lorig, F. (2015), Logistics 4.0-A Challenge for Simulation, *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, L. Yilmaz, W. K. V. Chan, I. Moon, T. M. K. Roeder, C. Macal, and M. D. Rossetti (eds.), 3118-3119.

Torres, A. (2018), *Identifying Challenges and Success Factors Towards Implementing Industry 4.0 Technologies in the Shipbuilding Industry*, Master Thesis, TU Delft Technology, Policy and Management.

Trappey, A.J.C., Trappey, C.V., Fan, C-Y., Hsu, A. P.T., Li, X-K., Lee, I.J.Y. (2017), IoT Patent Roadmap for Smart Logistic Service Provision in the Context of Industry 4.0, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 40(7), 593-602.

Tunçel, S., Candan, Z., Satır, A. (2017), Mobilya Endüstrisinde Gelecek Vizyonu: Endüstri 4.0, *İleri teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 152-159.

Wang, B., Ha-Brookshire, J.E. (2018), Exploration of Digital Competency Requirements within the Fashion Supply Chain with an Anticipation of Industry 4.0, *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11(3), 333-342.

Wu, W.W., Lee, Y.T. (2007), Developing Global Managers' Competencies Using The Fuzzy DEMATEL Method, *Expert Systems with Applications*, 32(2), 499-507.

Yıldız, A., Karakoyun, F., Parlak, İ.E. (2018), Endüstri 4.0 Temelli Dijital Tedarik Zinciri, *Mühendislik Alanında Akademik Araştırmalar*, Editör: Salman, S., Gece Kitaplığı, Ankara, 416-426.

Zadeh, L. A. (1965), Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8(3), 338-353.

Ek 1. Bulanık Direkt İlişki Matrisi

Z	A1			A2			A3			A4			B1			B2			B3			B4			C1			C2			C3			D1			D2		
A1	0,000	0,000	0,250	0,167	0,417	0,667	0,333	0,500	0,667	0,750	1,000	1,000	0,167	0,417	0,667	0,000	0,250	0,500	0,000	0,250	0,500	0,250	0,500	0,750	0,167	0,417	0,667	0,500	0,750	0,917	0,750	1,000	1,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
A2	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,250	0,417	0,667	0,000	0,000	0,250	0,667	0,917	1,000	0,083	0,250	0,500	0,083	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
A3	0,250	0,417	0,667	0,667	0,917	1,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,250	0,417	0,667	0,333	0,500	0,667	0,000	0,000	0,250	0,500	0,750	0,917	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
A4	0,250	0,500	0,750	0,750	1,000	1,000	0,500	0,750	0,917	0,000	0,000	0,250	0,000	0,250	0,500	0,000	0,250	0,500	0,000	0,250	0,500	0,000	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,250	0,417	0,667	0,250	0,417	0,667	0,250	0,417	0,667
B1	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,167	0,417	0,667	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,417	0,667	0,917	0,250	0,500	0,750	0,417	0,667	0,917	0,667	0,917	1,000	0,250	0,500	0,750	0,000	0,000	0,250	0,000	0,167	0,417	0,000	0,000	0,250
B2	0,000	0,000	0,250	0,417	0,667	0,917	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,417	0,667	0,833	0,000	0,000	0,250	0,417	0,667	0,917	0,250	0,500	0,750	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
B3	0,000	0,000	0,250	0,667	0,917	1,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
B4	0,000	0,000	0,250	0,750	1,000	1,000	0,500	0,750	1,000	0,000	0,000	0,250	0,667	0,917	1,000	0,750	1,000	1,000	0,750	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250
C1	0,000	0,000	0,250	0,750	1,000	1,000	0,083	0,250	0,500	0,000	0,000	0,250	0,750	1,000	1,000	0,750	1,000	1,000	0,667	0,917	1,000	0,750	1,000	1,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,167	0,417	0,000	0,000	0,250	0,250	0,500	0,750	0,750	1,000
C2	0,000	0,000	0,250	0,750	1,000	1,000	0,250	0,500	0,750	0,500	0,750	0,917	0,250	0,500	0,750	0,083	0,250	0,500	0,417	0,667	0,917	0,250	0,417	0,667	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,083	0,250	0,500	0,083	0,250	0,500
C3	0,083	0,250	0,500	0,333	0,500	0,667	0,083	0,250	0,500	0,000	0,167	0,417	0,500	0,750	1,000	0,500	0,750	1,000	0,500	0,750	1,000	0,500	0,750	1,000	0,667	0,917	1,000	0,500	0,750	1,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250	0,083	0,250	0,500
D1	0,750	1,000	1,000	0,333	0,500	0,667	0,000	0,000	0,250	0,667	0,917	1,000	0,250	0,417	0,667	0,250	0,417	0,667	0,250	0,417	0,667	0,000	0,000	0,250	0,250	0,417	0,667	0,083	0,250	0,500	0,750	0,917	1,000	0,000	0,000	0,250	0,333	0,500	0,667
D2	0,750	1,000	1,000	0,500	0,750	1,000	0,000	0,000	0,250	0,750	1,000	1,000	0,500	0,750	1,000	0,500	0,750	1,000	0,500	0,750	1,000	0,000	0,000	0,250	0,500	0,750	1,000	0,500	0,750	1,000	0,250	0,500	0,750	0,000	0,000	0,250	0,000	0,000	0,250

Ek 2. Normalize Edilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisi

X	A1			A2			A3			A4			B1			B2			B3			B4			C1			C2			C3			D1			D2		
A1	0,000	0,000	0,024	0,027	0,048	0,064	0,055	0,058	0,064	0,123	0,115	0,096	0,027	0,048	0,064	0,000	0,029	0,048	0,000	0,029	0,048	0,041	0,058	0,072	0,027	0,048	0,064	0,082	0,087	0,088	0,123	0,115	0,096	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
A2	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,041	0,048	0,064	0,000	0,000	0,024	0,110	0,106	0,096	0,014	0,029	0,048	0,014	0,029	0,048	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
A3	0,041	0,048	0,064	0,110	0,106	0,096	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,041	0,048	0,064	0,055	0,058	0,064	0,000	0,000	0,024	0,082	0,087	0,088	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
A4	0,041	0,058	0,072	0,123	0,115	0,096	0,082	0,087	0,088	0,000	0,000	0,024	0,000	0,029	0,048	0,000	0,029	0,048	0,000	0,029	0,048	0,000	0,029	0,048	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,041	0,048	0,064	0,041	0,048	0,064	0,041	0,048	0,064
B1	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,027	0,048	0,064	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,068	0,077	0,088	0,041	0,058	0,072	0,068	0,077	0,088	0,110	0,106	0,096	0,041	0,058	0,072	0,000	0,000	0,024	0,000	0,019	0,040	0,000	0,000	0,024
B2	0,000	0,000	0,024	0,068	0,077	0,088	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,068	0,077	0,080	0,000	0,000	0,024	0,068	0,077	0,088	0,041	0,058	0,072	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
B3	0,000	0,000	0,024	0,110	0,106	0,096	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
B4	0,000	0,000	0,024	0,123	0,115	0,096	0,082	0,087	0,096	0,000	0,000	0,024	0,110	0,106	0,096	0,123	0,115	0,096	0,123	0,115	0,096	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
C1	0,000	0,000	0,024	0,123	0,115	0,096	0,014	0,029	0,048	0,000	0,000	0,024	0,123	0,115	0,096	0,123	0,115	0,096	0,110	0,106	0,096	0,123	0,115	0,096	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,019	0,040	0,000	0,000	0,024	0,041	0,058	0,072	0,041	0,058
C2	0,000	0,000	0,024	0,123	0,115	0,096	0,041	0,058	0,072	0,082	0,087	0,088	0,041	0,058	0,072	0,014	0,029	0,048	0,068	0,077	0,088	0,041	0,048	0,064	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024
C3	0,014	0,029	0,048	0,055	0,058	0,064	0,014	0,029	0,048	0,000	0,019	0,040	0,082	0,087	0,096	0,082	0,087	0,096	0,082	0,087	0,096	0,082	0,087	0,096	0,110	0,106	0,096	0,082	0,087	0,096	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024	0,014	0,029	0,048
D1	0,123	0,115	0,096	0,055	0,058	0,064	0,000	0,000	0,024	0,110	0,106	0,096	0,041	0,048	0,064	0,041	0,048	0,064	0,041	0,048	0,064	0,000	0,000	0,024	0,041	0,048	0,064	0,014	0,029	0,048	0,082	0,087	0,088	0,000	0,000	0,024	0,055	0,058	0,064
D2	0,123	0,115	0,096	0,082	0,087	0,096	0,000	0,000	0,024	0,123	0,115	0,096	0,082	0,087	0,096	0,082	0,087	0,096	0,082	0,087	0,096	0,000	0,000	0,024	0,082	0,087	0,096	0,082	0,087	0,096	0,041	0,058	0,072	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,024

Ek 3. (l, m ve u) Değerleri için Bulanık Toplam İlişki Matrisleri

6	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	D1	D2
A1	0,0126	0,0971	0,0811	0,1348	0,0678	0,0377	0,0492	0,0765	0,0514	0,0973	0,1258	0,0055	0,0110
A2	0,0003	0,0192	0,0034	0,0003	0,0474	0,0084	0,1190	0,0203	0,0192	0,0020	0,0001	0,0000	0,0008
A3	0,0421	0,1364	0,0130	0,0059	0,0662	0,0739	0,0368	0,0965	0,0109	0,0067	0,0052	0,0002	0,0009
A4	0,0564	0,1529	0,0896	0,0180	0,0230	0,0168	0,0295	0,0171	0,0129	0,0109	0,0122	0,0418	0,0450
B1	0,0026	0,0528	0,0401	0,0046	0,0377	0,1003	0,0831	0,0953	0,1150	0,0434	0,0006	0,0002	0,0055
B2	0,0004	0,0880	0,0067	0,0004	0,0802	0,0134	0,0899	0,0503	0,0101	0,0034	0,0001	0,0000	0,0005
B3	0,0000	0,1117	0,0004	0,0000	0,0052	0,0009	0,0130	0,0022	0,0021	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001
B4	0,0038	0,1673	0,0889	0,0011	0,1355	0,1432	0,1628	0,0274	0,0174	0,0060	0,0005	0,0000	0,0008
C1	0,0069	0,1847	0,0325	0,0071	0,1673	0,1620	0,1736	0,1506	0,0249	0,0112	0,0026	0,0003	0,0426
C2	0,0085	0,1641	0,0553	0,0863	0,0619	0,0310	0,1013	0,0555	0,0111	0,0049	0,0021	0,0035	0,0180
C3	0,0183	0,1296	0,0349	0,0124	0,1331	0,1273	0,1479	0,1218	0,1285	0,0911	0,0032	0,0005	0,0208
D1	0,1404	0,1247	0,0288	0,1391	0,0855	0,0769	0,0932	0,0380	0,0729	0,0427	0,1027	0,0057	0,0658
D2	0,1341	0,1693	0,0338	0,1507	0,1317	0,1201	0,1457	0,0473	0,1104	0,1046	0,0587	0,0062	0,0133

T _m	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	D1	D2
A1	0,0188	0,1354	0,0972	0,1321	0,1102	0,0850	0,1025	0,1130	0,0793	0,1068	0,1209	0,0085	0,0180
A2	0,0009	0,0246	0,0078	0,0008	0,0598	0,0144	0,1221	0,0402	0,0363	0,0039	0,0010	0,0012	0,0023
A3	0,0500	0,1378	0,0179	0,0071	0,0791	0,0819	0,0428	0,1088	0,0157	0,0096	0,0063	0,0019	0,0018
A4	0,0766	0,1664	0,1039	0,0224	0,0700	0,0622	0,0779	0,0619	0,0248	0,0183	0,0168	0,0505	0,0545
B1	0,0076	0,0651	0,0685	0,0098	0,0472	0,1155	0,1091	0,1126	0,1155	0,0630	0,0055	0,0206	0,0103
B2	0,0010	0,1015	0,0116	0,0009	0,0935	0,0181	0,1048	0,0718	0,0131	0,0057	0,0006	0,0018	0,0011
B3	0,0001	0,1084	0,0008	0,0001	0,0063	0,0015	0,0129	0,0043	0,0038	0,0004	0,0001	0,0001	0,0002
B4	0,0053	0,1612	0,0977	0,0019	0,1360	0,1386	0,1583	0,0347	0,0197	0,0086	0,0013	0,0027	0,0017
C1	0,0115	0,1851	0,0547	0,0109	0,1691	0,1620	0,1786	0,1555	0,0319	0,0184	0,0251	0,0038	0,0615
C2	0,0141	0,1687	0,0790	0,0939	0,0922	0,0587	0,1231	0,0769	0,0191	0,0102	0,0046	0,0063	0,0353
C3	0,0398	0,1475	0,0640	0,0383	0,1517	0,1434	0,1672	0,1408	0,1329	0,1034	0,0100	0,0048	0,0419
D1	0,1381	0,1428	0,0397	0,1389	0,1117	0,1020	0,1227	0,0568	0,0891	0,0634	0,1093	0,0088	0,0750
D2	0,1317	0,1864	0,0461	0,1455	0,1566	0,1438	0,1733	0,0682	0,1252	0,1157	0,0773	0,0100	0,0204

T _u	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	D1	D2
A1	0,1111	0,2320	0,1736	0,1855	0,2114	0,1833	0,2086	0,2055	0,1659	0,1805	0,1706	0,0881	0,1046
A2	0,0735	0,1226	0,0860	0,0762	0,1471	0,1028	0,1876	0,1234	0,1083	0,0786	0,0696	0,0607	0,0696
A3	0,1228	0,2111	0,1011	0,0886	0,1691	0,1584	0,1407	0,1806	0,0984	0,0911	0,0806	0,0684	0,0772
A4	0,1500	0,2369	0,1752	0,1067	0,1736	0,1613	0,1831	0,1588	0,1149	0,1068	0,0961	0,1169	0,1292
B1	0,0945	0,1689	0,1521	0,0991	0,1490	0,1996	0,2059	0,1972	0,1756	0,1448	0,0883	0,0909	0,0902
B2	0,0789	0,1952	0,0940	0,0817	0,1736	0,1113	0,1934	0,1558	0,0930	0,0850	0,0743	0,0655	0,0736
B3	0,0656	0,1728	0,0731	0,0680	0,0944	0,0860	0,1022	0,0859	0,0742	0,0685	0,0619	0,0539	0,0612
B4	0,0916	0,2266	0,1754	0,0923	0,2086	0,1980	0,2205	0,1305	0,1060	0,0965	0,0839	0,0739	0,0829
C1	0,1039	0,2508	0,1451	0,1067	0,2324	0,2205	0,2476	0,2159	0,1226	0,1122	0,1117	0,0822	0,1410
C2	0,1000	0,2380	0,1621	0,1628	0,1937	0,1596	0,2214	0,1731	0,1112	0,1019	0,0892	0,0793	0,1133
C3	0,1384	0,2485	0,1651	0,1387	0,2557	0,2417	0,2722	0,2392	0,2053	0,1950	0,1079	0,0920	0,1327
D1	0,1868	0,2354	0,1346	0,1938	0,2151	0,2015	0,2286	0,1612	0,1741	0,1503	0,1720	0,0902	0,1464
D2	0,1949	0,2923	0,1513	0,2050	0,2671	0,2503	0,2854	0,1833	0,2178	0,2074	0,1649	0,0998	0,1189

Ek 4. Etkileyen ve Etkilenen Faktör Grupları

D _i	D _m	D _o	R _i	R _m	R _o	D+R			D-R		
0,8479	1,1276	2,2208	0,4264	0,4955	1,5121	1,2743	1,6232	3,7329	0,4216	0,6321	0,7086
0,2404	0,3153	1,3059	1,5978	1,7310	2,8310	1,8383	2,0462	4,1369	-1,3574	-1,4157	-1,5252
0,4947	0,5608	1,5881	0,5085	0,6889	1,7887	1,0032	1,2496	3,3768	-0,0138	-0,1281	-0,2006
0,5261	0,8061	1,9095	0,5606	0,6026	1,6051	1,0867	1,4087	3,5146	-0,0345	0,2035	0,3044
0,5812	0,7502	1,8560	1,0425	1,2834	2,4906	1,6237	2,0336	4,3466	-0,4613	-0,5332	-0,6347
0,3432	0,4254	1,4753	0,9119	1,1272	2,2744	1,2551	1,5526	3,7497	-0,5687	-0,7018	-0,7991
0,1359	0,1391	1,0677	1,2452	1,4954	2,6971	1,3812	1,6345	3,7648	-1,1093	-1,3563	-1,6295
0,7547	0,7679	1,7868	0,7988	1,0455	2,2105	1,5535	1,8133	3,9972	-0,0441	-0,2776	-0,4237
0,9662	1,0682	2,0927	0,5869	0,7065	1,7672	1,5531	1,7747	3,8599	0,3794	0,3617	0,3256
0,6036	0,7821	1,9057	0,4244	0,5274	1,6187	1,0280	1,3094	3,5245	0,1792	0,2547	0,2870
0,9695	1,1856	2,4324	0,3137	0,3788	1,3711	1,2831	1,5644	3,8036	0,6558	0,8068	1,0613
1,0165	1,1983	2,2899	0,0641	0,1210	1,0617	1,0807	1,3193	3,3516	0,9524	1,0774	1,2282
1,2260	1,4004	2,6384	0,2252	0,3240	1,3409	1,4512	1,7244	3,9793	1,0008	1,0764	1,2975

THE EVALUATION OF THE FACTORS IN INDUSTRY 4.0 ADAPTATION PROCESS FOR LOGISTIC FIRMS WITH FUZZY DEMATEL METHOD

Extended Abstract

Aim: Industry 4.0, also known as the Fourth Industrial Revolution, is defined as the period of intelligent production in which the rapid developments in technology exist and the objects can communicate and interact with each other. Digitalization in production means a production system in which virtual and physical systems are integrated. As the system approach is expected to shape all activities in production, Industry 4.0 can be considered as an important issue for logistics firms. However, this change necessitates an adaptation process for firms. The purpose of this study is mainly to evaluate the factors that can be taken into consideration in the adaptation process of logistics firms to Industry 4.0. In this context, it is aimed to determine the level of interaction between the factors to be considered in the adaptation process to Industry 4.0 and to determine the importance level of the factors.

Method(s): The factors obtained as a result of literature review were evaluated by Fuzzy DEMATEL method. Relevant literature shows that Fuzzy DEMATEL method is often used in determining the critical success factors. Therefore, the critical factors can be grouped as causal factors and resulting factors by using this method.

Findings: As a result of the study, three factors, the ability to adapt, the level of digitalization and flexibility have been found to have the highest impact on the adaptation process to Industry 4.0 for logistics firms.

Conclusion: As far as the results are evaluated, all the sub-criteria related with infrastructure and external factors have been found as cause group, whereas all the sub-criteria related with necessities have been found as the effect group.

