

## Lojistik 4.0 Teknolojilerinin Analizi için Metodolojik Yaklaşım<sup>1</sup>

Gülçin BÜYÜKÖZKAN\*, Merve GÜLER\*\*

### Öz

**Amaç:** Bu çalışmada, Lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojiler hakkında bilgi vermek, firmaların bu teknolojilerden beklentilerini sıralamak ve teknoloji analizi için etkin bir yöntem sunmak amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Firmaların beklentileri bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile derecelendirilmiş, var olan teknolojilerin seçimi bulanık etki matrisi yöntemi ile yapılmıştır.

**Bulgular:** Önerilen yöntem bir lojistik firması için uygulanmıştır. Lojistik sektörü firma beklentileri dikkate alındığında büyük veri ve nesnelerin interneti teknolojilerinin firmalara etkilerinin büyük olduğu görülmüştür.

**Sonuç ve Öneriler:** Lojistik 4.0'ı doğru benimseyen ve etkin uygulayan firmalar büyük rekabet avantajı sağlayacağı için bu kapsamda var olan teknolojiler sistematik bir biçimde analiz edilmelidir.

**Özgün Değer:** Bu çalışma, yeni bir model sunması ve etkin bir metodoloji önermesi açısından Lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojilerin analizini sağlayan özgün bir çalışmadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital Teknolojiler, Lojistik 4.0, Teknoloji Analizi, Bulanık Mantık.

**JEL Sınıflandırması:** O33, O39

## A Methodological Approach for Logistics 4.0 Technology Analysis

### ABSTRACT

**Purpose:** This study aims to give information about technologies that exist within logistics 4.0 concept, to list firms' expectations and to provide an effective methodology for technology analysis.

**Methodology:** Firms' expectations are graded by fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP) method, existing technologies are selected by fuzzy effect matrix method.

**Findings:** The proposed method is applied to logistics company. Big data and internet of things have great effect on expectations of companies.

**Practical Implications:** Since firms that adopt logistics 4.0 correctly will survive in competitive environment, it is necessary to systematically analyze existing technologies.

**Originality:** This is an original study that provides analysis of existing technologies within logistics 4.0 concept in terms of offering a new model and proposing an effective methodology.

**Keywords:** Digital Technologies, Logistics 4.0, Technology Analysis, Fuzzy Logic.

**JEL Codes:** O33, O39

<sup>1</sup> 03-05 Mayıs 2018 tarihlerinde Bursa'da düzenlenen 7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'nde sunulan "Lojistik 4.0 için Teknoloji Analizi Ve Seçimi" başlıklı tebliğin genişletilmiş halidir.

\* Prof., Galatasaray Üniversitesi, Mühendislik ve Teknoloji Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, gulcin.buyukozkan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2112-3574

\*\* Galatasaray Üniversitesi, Mühendislik ve Teknoloji Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, mguler@gsu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1664-1139

## 1. Giriş

Günümüzde iş dünyasındaki değişim çok hızlıdır. Başarılı olabilmek için beklenen ve beklenmeyen değişimlere uyum sağlamak esastır. Çeviklik, değişimlere uygun biçimde ve uygun zamanda hızlıca yanıt verebilme ve bu değişimleri fırsata çevirme yeteneğidir (Yüksel, 2016). Gelişen teknolojiyle birlikte, firmaların çevikliğini arttırmalarının en önemli yolu Endüstri 4.0'dır. Endüstri 4.0 kavramı, ilk kez 2011 yılında Hannover Sanayi Fuarı'nda sunulmuştur. Endüstri 4.0, siber-fiziksel sistemler ve nesnelerin interneti teknolojilerini temel alan dördüncü sanayi devrimidir. Endüstri 4.0'ın amacı bu teknolojiler sayesinde akıllı üretim yaparak nesnelerin birbiriyle ve insanlarla iletişime geçmesini ve karar alma sürecinin hızlanmasını sağlamaktır (TOBB Report, 2018).

Lojistik süreçlerin her biri Endüstri 4.0'ı tetikleyen teknolojik yeniliklerle birlikte yeniden yapılanmaktadır. Bir başka deyişle, Endüstri 4.0, Lojistik 4.0 uygulamalarıyla birlikte lojistik sektörünün geleceğini şekillendirmeye başlamıştır. Lojistik 4.0, lojistikte nesnelerin interneti teknolojisinin evrimiyle birlikte iş gücü tasarrufunun ve standardizasyonun gelişmesidir. Lojistik 4.0 olarak tanımlayacağımız bu gelişim birçok alt başlığı kapsamaktadır: Entegre lojistik planlama ve uygulama, akıllı depolama, otonom ve B2C lojistik, lojistik analitiği ve akıllı lojistik. Bu alt sistemlerin tümü birbiriyle ilişkilidir ve bu dijital dönüşümde öne çıkan teknolojiler bulunmaktadır. Lojistikte kullanılan teknolojilerden bazıları, insan tarafından değiştirilmeyi gerektirmeyen işlemleri değiştirmektedir. Lojistik 4.0'da amaç, otomasyon ve mekanizasyon arasındaki mükemmel dengeyi sağlamaktır (Galindo, 2016). Fabrikaları "akıllı fabrika" haline getirecek teknolojiyi uygulamak, önemli bir yatırım yapılacağı için stratejik bir karardır. Ancak bu yatırım doğru teknolojinin uygulanmasıyla birlikte, lojistik maliyet performansının iyileştirilmesi ve zamandan tasarruf olarak geri dönecektir. Firmalar, gelecek vaad eden teknolojilerden maksimum fayda sağlamayı amaçlamaktadır. Bu nedenle, firmaların kendi ihtiyaçları doğrultusunda en doğru teknolojiyi seçmeleri için teknoloji analizi yapmaları gerekmektedir. Nitekim doğru karar vermek için firmaların bu teknolojilerden neler beklediklerini tam olarak ifade etmeleri gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Lojistik 4.0 kapsamında var olan ileri teknolojiler hakkında bilgi vermek, firmaların bu teknolojilerden beklentilerini gruplandırmak ve bu teknolojilerin firmaların beklentisine olan etkilerini analiz etmeye yardımcı olacak analitik bir metodoloji sunmaktır. Uzmanlardan alınan değerlendirmelerin sayılarla ifadesi zor olduğu için ve değerlendirmeler kesin olmayan kısmi ifadelerden oluştuğu

için çalışmada dilsel ifadeler kullanılarak bulanık mantık çerçevesinde ilerlenmiştir. Bu sayede analitik yaklaşım gündelik hayata uygun hale getirilmiştir.

Çalışmada öncelikle, firmaların Lojistik 4.0 kavramında var olan teknolojilerden beklentilerinin tam olarak neler olduğu yazın araştırması yapılarak, endüstri raporları taranarak ve konunun uzmanlarına danışılarak elde edilmiştir. Elde edilen 15 adet firma beklentisi; stratejik, taktik ve operasyonel seviyeler için olmak üzere gruplandırılmıştır. Diğer yandan lojistik sektöründe revaçta olan ileri teknolojiler araştırılmış ve bu çalışmada incelenmek üzere 10 adet teknoloji belirlenmiştir. Firmaların beklentilerinin önem derecelerini teknoloji seçiminde hesaba katarak daha gerçekçi bir yöntem sunmak amaçlanmıştır. Bu nedenle ilk olarak, bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile firma beklentilerinin ağırlıkları bulunmuştur. Bulanık AHS yönteminin seçilmesinin nedeni, Zadeh (1965) tarafından literatüre kazandırılan bulanık mantığı kullanarak belirsizliği daha iyi ifade etmek ve değerlendirme sürecinin daha etkin yönetilmesini sağlamaktır. Geleneksel AHS yönteminde uzmanlar kriterleri sayılar kullanarak ifade etmektedir. Bu durum, belirsizliğin olduğu problemlerde karar verme sürecini zorlaştırmaktadır. Bulanık AHS yönteminde ise bulanık dilsel ifadelerin kullanımıyla uzmanlara kolaylık ve esneklik sağlanmıştır. Daha sonra, etki matrisi oluşturularak uzmanlardan bu matrisi dilsel ifadeler kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. Sonuç olarak hangi teknolojilerin firmaların beklentilerine en çok etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın planı şu şekildedir: İlk bölümde çalışma konusuna ve amacına giriş yapıldıktan sonra ikinci bölümde yazında konuyla ilgili yer alan çalışmalar sunulmuştur. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan metodoloji ile kullanılan yöntemlerin adımları verilmiştir. Dördüncü bölümde lojistikte kullanılan ileri teknolojiler 10 alt başlık halinde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Beşinci bölümde ise, lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların teknolojilerden beklentileri açıklanmıştır. Altıncı bölümde gerçek verilerle önerilen metodolojinin uygulaması yapılmıştır. Son bölümde, çalışmanın son değerlendirmesi yapılmış ve gelecek çalışmalar için öneriler verilmiştir.

## 2. Yazın Taraması

Yazında yer alan çalışmalar, Endüstri 4.0 kavramının son beş yılda gelişmesi nedeniyle genellikle son yıllarda yapılmıştır. Kaynaklar, "Lojistik 4.0", "lojistikte dijitalleşme", "dijital lojistik", "Endüstri 4.0", "lojistikte teknoloji seçimi" anah-

tar kelimeleri türkçe ve ingilizce yazılarak bulunmuştur. Aramalar, “web of science”, “science direct” ve “google scholar” web siteleri üzerinden yapılmıştır.

Timm ve Lorig (2015), iki adet ayrı simülasyon yaklaşımıyla lojistikteki süreçleri Lojistik 4.0 kapsamında incelemiştir. Kunz ve Schmortte (2016), Lojistik 4.0 kavramını akıllı, bağlı ve dijital olarak nitelendirerek lojistikteki ihtiyaçların ve bu sektörde büyük veri teknolojisinin kullanımının analizini yapmıştır. Wang (2016), Lojistik 4.0 kavramını ve bu kapsamda var olan teknolojilerin uygulanmasını incelemiştir. Zheng ve Ren (2016), dijital lojistik ekipmanları sistemi oluşturarak bu sistemi değerlendirmek için analitik tekniklerden AHP ve Gri Korelasyon Derecesi’ni kullanmıştır. Bahadır ve Büyüközkan (2016), Lojistik 4.0 teknolojilerinden biri olan robotların depolarda kullanılmak üzere seçimi için bir karar verme yöntemi sunmuştur. Bir başka çalışmada Büyüközkan vd. (2016) akıllı gözlük teknolojisinin lojistikte kullanılması konusuna değinerek en uygun akıllı gözlük seçimine yardımcı olacak bir metot sunmuştur. Al vd. (2017), Endüstri 4.0’ın Türkiye’deki olası etkilerini incelemiş ve Lojistik 4.0 konusunu benimsemiş bir firma için uygulama yapmıştır. Avcı ve Aydın (2017), sürücüsüz araçların gelişimini incelemiştir. Barreto vd. (2017), lojistik ihtiyaçların değiştiğine, artık daha çok şeffaflık ve bütünlüğün kontrolünün gerektiğine değinmiştir. Borgi vd. (2017), lojistik sektöründe yeni bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımının kaçınılmaz olduğuna değinerek büyük verinin bu sektördeki kullanımının detaylı yazın çalışmasını yapmıştır. Çelebi ve İmre (2017), akıllı ulaşım sistemlerini inceleyerek yazın taraması yapmış ve bu sistemleri sınıflandırarak kullanılan verinin ve kaynakların analizini yapmıştır.

Delfino vd. (2017), yakıt tasarrufu sağlamak için kullanılan ileri filo yönetim teknolojilerini kullanan bir model sunmayı ve bu modelin uygulamasının lojistik şirketler için faydalarını göstermeyi amaçlamıştır. Heilig vd. (2017), şehirlerdeki trafiğin yarattığı kirlilik probleminin çözülmesi için bulut teknolojisi tabanlı karar destek sistemini sunarak dijitalleşmenin ve optimizasyonun çevresel konulardaki önemine değinmiştir. Kazan ve Özçelik (2017), Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 kavramlarını detaylı inceleyerek bu kavramların yaratabileceği fırsat ve tehlikelere değinmiştir. Micieta vd. (2017), akıllı lojistik sistemlerinin dizaynının yapıldığı bir model sunmuştur. Yaqiong vd. (2017), nesnelerin interneti tabanlı bir depo yönetim sistemi modelini akıllı lojistik sistemi kapsamında aktarmış ve bulanık mantık tekniğinden yararlanarak en uygun sipariş toplama metodunu seçmiştir. Hofmann ve Rüsç (2017), lojistik yönetiminde Endüstri 4.0’ın yarattığı fırsatları inceleyerek bir model geliştirmiştir. Wrobel-Lachowska vd. (2017), Lojistik 4.0’da

ömür boyu öğrenimin rolünü analiz etmiştir. Strandhagen vd. (2017), Lojistik 4.0 kavramıyla ortaya çıkan yeni iş modellerini incelemiş, güncel trendleri özetlemiş ve bir model sunmuştur.

Öztemel ve Gürsev (2018), anket uygulamasıyla, firmaların lojistik yönetiminde Endüstri 4.0'a yaklaşımını analiz ederek firmalara bir yol haritası sunmayı amaçlamıştır. Schmidtke vd. (2018), Endüstri 4.0'ın lojistikte yaratacağı teknik potansiyelleri inceleyerek Lojistik 4.0'ın iş gücü üzerinde yaratacağı değişimleri bulmayı amaçlamıştır. Şekkeli ve Bakan (2018), Lojistik 4.0 kavramının teknoloji bileşenlerini ve bu kavram kapsamında sahip olunması gereken altı temel özelliği özetlemiştir. Chiarello vd. (2018), Endüstri 4.0 kavramıyla ilgili ortak bir dil anlayış oluşturma amacıyla yazın taraması yaparak "Endüstri 4.0 sözlüğü" oluşturmuştur. Göçmen ve Erol (2018), lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir firma için gerçekleştirilen Endüstri 4.0 geçiş sürecini özetlemiştir. Edirisuriya vd. (2018), Lojistik 4.0 için sistematik bir literatür taraması gerçekleştirerek yalın ve yeşil kavramların kullanımını incelemiştir. Erokhina vd. (2018), dijital teknolojilerin lojistikte müşteri memnuniyetini sağlamadaki kullanımını araştırmıştır. Grefen vd. (2018), lojistiğin geleceği ve lojistikte bilişim teknolojilerinin kullanımı hakkındaki görüşlerini paylaşmıştır. Kayıkçı (2018), lojistik süreçlerin dijitalleşmesinin faydalarını inceleyerek lojistikte dijitalleşmenin sürdürülebilirliğini incelemiştir. Sternad vd. (2018), Lojistik 4.0 için bir olgunluk modeli geliştirmiştir. Tijan vd. (2019), lojistikte blok zinciri uygulamalarının kullanımını kapsamlı bir şekilde özetlemiştir.

Yazında yer alan çalışmalara bakıldığında zaman, Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 konularına olan ilginin son yıllarda epey fazla olduğu görülmektedir. Nitekim, konuların çok yeni olması ve geçmişte bu konularda yapılan çalışmaların olmaması akademi ve sektör için konular hakkında merak uyandırmaktadır. Yazında henüz bulanık mantık ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerini bu alanlarda uygulayan bir çalışma olmadığı için bu alanda bir boşluk vardır. Bu nedenle, bu çalışmada ilk olarak Lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojilerin analiz ve seçimi için bulanık AHS-etki matrisi yöntemi sunulmuştur.

### 3. Yöntem

Bu çalışmada, Lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojilerin seçimi ve analizi için bulanık AHS-etki matrisi metodolojisi önerilmiştir. Şekil 1'deki akış şemasında görüldüğü üzere, çalışma 3 ana kısımdan oluşmaktadır. İlk olarak hazırlık, ikinci

olarak bulanık AHS ile kriterlerin ağırlıklandırılması ve son olarak da bulanık etki matrisiyle en uygun teknolojinin seçimi aşamaları gelmektedir. İleriki bölümlerde bu aşamaların adımları ayrıntılı olarak verilmiştir.

### 1. Aşama. Hazırlık Aşaması

1. **Adım.** Firmanın amacı belirlenir.
2. **Adım.** Uzmanlar bulunur.
3. **Adım.** Değerlendirme kriterleri (firma beklentileri) belirlenir.
4. **Adım.** Alternatifler (Lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojiler) belirlenir.

### 2. Aşama. Bulanık AHS yöntemiyle firma beklentilerinin önem derecelerinin bulunması

1. **Adım.** Uzman, bulanık dilsel ifadeleri kullanarak firmaların beklentilerini birbirleriyle karşılaştırır.
2. **Adım.** Dilsel ifadeler bulanık sayılara dönüştürülür.
3. **Adım.**  $\alpha$ -cut bulanık karşılaştırma matrisleri oluşturulur.
4. **Adım.** Her bir kriter için optimalite endeksi hesaplanır.
5. **Adım.** Normalizasyon yapılır ve ağırlık vektörü hesaplanır.
6. **Adım.** Tutarlılık endeksi kontrol edilir.
7. **Adım.** Değerlendirmeler tutarlıysa ağırlıklar hesaplanır, değilse 1. adıma geri dönlür.

### 3. Aşama. Bulanık etki matrisi yöntemiyle en uygun Lojistik 4.0 teknolojinin seçilmesi

1. **Adım.** Uzman, bulanık dilsel ifadeleri kullanarak belirlenen Lojistik 4.0 teknolojilerini firmaların beklentilerine etkisine göre değerlendirir.
2. **Adım.** Dilsel ifadeler bulanık sayılara dönüştürülür.
3. **Adım.** Bulanık sayılar, beklentilerin ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklandırılmış matris elde edilir. Her bir alternatif için, önce her bir seviye için ayrı, daha sonra genel olarak toplama yapılır.
4. **Adım.** Toplanan üçlü bulanık değerler için saflaştırma (defuzzification) işlemi yapılarak BNP değerleri bulunur.
5. **Adım.** En büyük BNP değerine sahip olan teknoloji en uygun teknolojidir. BNP değerlerine göre, her bir seviye için ve genel olmak üzere, Lojistik 4.0 teknolojileri sıralanır ve seçilir.

## Şekil 1. Metodolojinin akış şeması

### 3.1. Bulanık AHS Yöntemi

Bu çalışmada Cheng ve Mon (1994)'un önerdiği Bulanık AHS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kriterleri değerlendirmek için kullanılan bulanık dilsel ifadeler kısaltmalarıyla birlikte Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1. Bulanık dilsel ifadeler (Büyüközkan ve Çifçi, 2012)**

Dilsel İfadeler	Kısaltma	Üçlü Bulanık Sayılar
Eşit	E	(1,1,1)
Eşit Derecede Önemli	EDÖ	(1,1,2)
Orta Derecede daha Önemli	ODÖ	(2,3,4)
Güçlü Derecede daha Önemli	GDÖ	(4,5,6)
Çok Güçlü Derecede daha Önemli	ÇGDÖ	(6,7,8)
Aşırı Derecede daha Önemli	ADÖ	(8,9,10)

*AHS-1.Adım:* Bulanık AHS yönteminin ilk görevi, aynı hiyerarşi içindeki her bir faktör çiftinin göreceli önemine karar vermektir. Üçlü bulanık sayıları kullanarak, ikili karşılaştırma yoluyla, bulanık değerlendirme matrisi oluşturulur.

*AHS-2.Adım:* Uzmanlardan alınan bulanık ifadeler üçlü bulanık sayılara dönüştürülür. Üçlü bulanık sayının  $\tilde{A}=(l,m,u)$  üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Wu vd., 2009):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)} & \text{eğer } l \leq x \leq m \text{ ise,} \\ \frac{(u-x)}{(u-m)} & \text{eğer } m \leq x \leq u \text{ ise,} \\ 0 & \text{aksi takdirde.} \end{cases} \quad (1)$$

*AHS-3.Adım:*  $\alpha$ -cut yöntemi kullanılarak  $\alpha$ -cut bulanık karşılaştırma matrisleri oluşturulur. ( $\alpha=0.5; \mu=0.5$ )

*AHS-4.Adım:* Her bir kriter için optimallik endeksi hesaplanır (Lee, 1999):

$$\tilde{a}_{ij}^{\alpha} = \mu a_{ij}^{\alpha} + (1 - \mu) a_{ij}^{\alpha}, \quad \forall \alpha \in [0,1] \quad (2)$$

*AHS-5.Adım:* Normalizasyon işlemi yapılarak, lokal ağırlık vektörü hesaplanır (Büyüközkan ve Çifçi, 2012).

*AHS-6.Adım:* Değerlendirmeleri test etmek için tutarlılık oranı aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır. İlk olarak,  $\tilde{A} = (l, m, u)$  ile ifade edilen ikili karşılaştırma matrislerindeki üçlü bulanık sayılardan tek değerler elde etmek için, saflaştırma işlemi (defuzzification) yapılır. Bu işlem sonucunda en iyi bulanık olmayan performans değeri (Best Nonfuzzy Performance Value (BNP)) hesaplanır (Hsieh vd., 2004):

$$BNP_i = \frac{[(u_i - l_i) + (m_i - l_i)]}{3} + l_i, \quad \forall_i \quad (3)$$

Tutarlılık oranı ( $CR$ ) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır (Büyüközkan ve Çifçi, 2012):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

$CI$  tutarlılık endeksini,  $\lambda_{max}$  ise matrisin en büyük eigenvector' ünü göstermektedir.  $n$  kriter sayısını ve  $RI$  random endeksi göstermektedir.  $RI$  matrisin boyutuna göre değişmektedir. Sonucu tutarlı kabul etmek için,  $CR$  değeri 0.1'den küçük olmalıdır.

*AHS-7.Adım:* Alt kriterler için de aynı işlemler sırasıyla yapılarak lokal ağırlıklar bulunur. Son olarak alt kriterlerin ağırlıkları ana kriterlerin ağırlıklarıyla çarpılarak final ağırlıklar bulunur.

### 3.2. Bulanık Etki Matrisi Yöntemi

Çalışmada bulanık etki matrisi yönteminde alternatifleri değerlendirmek için kullanılan bulanık dilsel ifadeler kısaltmalarıyla birlikte Tablo 2'de verilmiştir.

*Etki Matrisi-1.Adım:* Uzmanlardan etki matrisini bulanık dilsel ifadeler kullanarak doldurmaları istenir.

**Tablo 2. Bulanık dilsel ifadeler ve karşılıkları (Beg ve Rashid, 2013)**

Dilsel İfade	Kısaltma	Üçlü Bulanık Sayılar
Etkisi Yok	EY	(0, 0, 0.17)
Çok Düşük Derecede Etkili	ÇDDE	(0, 0.17, 0.33)
Düşük Derecede Etkili	DDE	(0.17, 0.33, 0.5)
Orta Derecede Etkili	ODE	(0.33, 0.5, 0.67)
Yüksek Derecede Etkili	YDE	(0.5, 0.67, 0.83)
Çok Yüksek Derecede Etkili	ÇYDE	(0.67, 0.83, 1)
Mükemmel Derecede Etkili	MDE	(0.83, 1, 1)



*Etki Matrisi-2.Adım:* Etki matrisindeki verilerden yola çıkarak, (1) ve Tablo 2'deki üçlü bulanık sayılar kullanılarak, dilsel ifadeler bulanık sayılara dönüştürülür.

*Etki Matrisi-3.Adım:* Firmaların beklentilerinin önem derecelerini hesaba katmak için elde edilen bulanık etki matrisi ağırlıklandırılır. Bu adımda, ağırlıklandırılmış etki matrisinin hesaplanması aşağıdaki formül yardımıyla yapılmaktadır (Büyüközkan and Çifçi, 2012):

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (6)$$

Burada,  $\tilde{v}_{ij}$  ağırlıklandırılmış etki matrisini,  $\tilde{r}_{ij}$  bulanık etki matrisini ve  $\tilde{w}_j$  kriterlerin (firma beklentilerinin) önemlerini göstermektedir. Bulanık sayılarla toplama ve yapmak için, bulanık mantık aritmetiğinden yola çıkılarak aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır (Klir, 1997):

$$[\underline{a}, \bar{a}] + [\underline{b}, \bar{b}] = [\underline{a+b}, \bar{a+b}] \quad (7)$$

Her bir teknoloji için öncelikle ayrı ayrı her bir seviye için (stratejik, taktik, operasyonel), daha sonra genel olarak toplama yapılır.

*Etki matrisi-4.Adım:* Toplanan üçlü bulanık değerlerden tek bir değer elde etmek için (3) kullanılarak saflaştırma (defuzzification) işlemi yapılır. Bu işlem sonucunda her bir teknoloji için, en iyi bulanık olmayan performans değeri (BNP) hesaplanır

*Etki matrisi-5.Adım:* En büyük BNP değerine sahip olan teknoloji en uygun teknolojidir. BNP değerlerine göre, her bir seviye için ve genel olmak üzere, Lojistik 4.0 teknolojileri sıralanır ve en uygun Lojistik 4.0 teknolojisi seçilir.

#### 4. Lojistik 4.0 Kapsamında Var Olan Teknolojiler

Lojistik sektöründe, önümüzdeki yıllarda işgücü gereksinimi ve teknoloji kabulünde sistematik ve büyük bir değişim yaşanacaktır. Lojistik sektörü, artan rekabetin karşısında nitelikli işçilerin yetersiz kalmasıyla karşı karşıya kalacaktır. Bu zorlukları çözmek için lojistik sektörü, dijital dönüşüm gerçekleştirmek durumunda kalacaktır. Nitekim, otomasyon teknolojilerinin benimsenmesi, büyük

veri teknolojisinin yaygın kullanılması, sürücüsüz araçlarla iş yapılması vb. giderek daha karmaşık hale gelen müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve nitelikli iş gücü yetersizliği ile baş etmek için önemli ölçüde artacaktır. Özetle, dijital dönüşümü yani Lojistik 4.0'ı en doğru şekilde benimseyen ve teknolojilerini doğru şekilde kullanan firmalar hayatta kalacaktır. Çalışmanın bu bölümünde, lojistik firmalara rehberlik etmesi amacıyla Lojistik 4.0 kapsamında var olan teknolojiler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Teknoloji bileşenleri belirlenirken DHL firmasının hazırladığı lojistik trend raporu başta olmak üzere farklı endüstri raporlarından ve bilimsel makalelerden yararlanılmıştır (DHL Augmented Reality Report, 2015; DHL Logistics Trend Radar Report, 2016; Cisco Report, 2016; DHL Logistics Trend Radar Report, 2018; Galindo, 2016; Kazan ve Özçelik, 2017; Chiarello vd., 2018; Göçmen ve Erol, 2018; Schmidtke vd., 2018).

### 3.1. Büyük Veri

Büyük veri, kapasite planlama ve araç yolu optimizasyonu gibi alanlarda verimliliği artırmak için büyük ölçekli veri hacimlerini değerli bir öğeye dönüştürerek lojistik sektöründe ilerlemeye başlamış durumdadır. Büyük verinin potansiyelini tam kullanmak için çoklu veri akışlarından yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin (sosyal, görüntüler, video vb.) entegrasyonu sağlanmalıdır. Analitik teknolojilerin ilerlemesiyle birleşince, veri odaklı işletme ve işletme modellerinden para kazanmak için heyecan verici yeni yollar daha da açılacaktır (DHL Logistics Trend Report, 2016). Tablo 3'te bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 3. Büyük veri için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tedarik zinciri, varlıklar ve personel için gelişmiş görünürlük</li> <li>Talep ve kapasite dalgalanmaları için geliştirilmiş öngörüler</li> <li>Veri odaklı lojistik hizmetleri ile müşteri sadakatinde artış</li> <li>Veri odaklı zeki sistemlerle yeni iş fırsatları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>İş ve bilgi teknolojileri uyumluluğu</li> <li>Veri toplama ve koruma ile ilgili gizlilik kaygısı</li> <li>Veri şeffaflığı ve erişimi</li> <li>Veri kalitesi ve uygun veri bilimi becerileri</li> </ul>

### 3.2. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti; hemen hemen her şeyi internete bağlama ve veri odaklı lojistiği hızlandırma potansiyeline sahiptir. 2020 yılına kadar 50 milyar nesnenin İnternete bağlanacağı ve bunun lojistikte 1,9 trilyon doları bulan bir fırsatı yaratacağı tahmin edilmektedir (Cisco Report, 2016). LoRaWAN™ gibi yeni adanmış nesnelerin interneti şebekeleri, nesnelerin internetinin benimsenmesinin hızını artırmak için ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, nesnelerin internetinin çoğu büyük şirketin gündeminde bir öncelik haline gelmesi şaşırtıcı değildir.

**Tablo 4. Nesnelerin interneti için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lojistik operasyonların şeffaflığında, izlenebilirliğinde ve güvenilirliğinde artış</li> <li>Karmaşık ortamlarda karar vermeyi otomatikleştirmeye bağlı daha yüksek işletme verimliliği ve maliyet düşüşü</li> <li>Eşyaları gerçek zamanlı olarak izlemek, varlık kullanımını optimize edebilir ve mal hırsızlığı, hasar ve zarar vermeyi önleme</li> <li>Müşteriler için daha dinamik ve özelleştirilmiş dağıtım hizmetlerinin yaratılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lojistikte yüksek düzeyde parçalanma seviyesi, standart geliştirilmesini gerektirir.</li> <li>Nesnelerin interneti destekli tedarik zincirindeki veri ve güvenlik sorunları ve endişeleri</li> <li>Özellikle sağlamlık ve pil ömrü bakımından lojistikteki geniş dağıtımlar için daha sağlamlaştırılmalıdır</li> </ul>

Bununla birlikte, bugüne kadar önemli ticari etkileri olan çok az sayıda lojistik uygulaması somutlaşmıştır. Bu durum, büyük oranda endüstrideki standartların yetersizliğinden, güvenlik endişelerinden ve nesnelerin interneti yeniliklerinin esasen tüketici pazarında geliştirilmesinden kaynaklanmaktadır (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016). Tablo 4'te bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

### 3.3. Artırılmış Gerçeklik

Akıllı gözlüklerle erişilen Artırılmış Gerçeklik (AG), öngörülen etki düzeylerini aştı. Şimdiye dek lojistikte sipariş toplama için akıllı gözlükler akıllı, el kullanılmayan operasyonları etkinleştirdi. İlk uygulamalar umut verici sonuçlar vermiştir. DHL ve Ricoh'un Hollanda'daki bir pilot çalışması, %25'lik bir verimlilik artışının yanı sıra kullanıcılardan gelen güçlü olumlu geribildirimler gösterdi (DHL Logistics

Trend Radar Report, 2016), (DHL Augmented Reality Report, 2015). Tablo 5'te bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 5. Artırılmış gerçeklik için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>El kullanılmayan operasyonlarda (ör., Bar-kod tanıma) daha yüksek verimlilik ve hatasız işlemler</li> <li>Depo taşıma sürelerinin kısaltılması</li> <li>Maliyeti düşürürken aynı zamanda kalite ve performansı da geliştirme</li> <li>Kullanıcı dostu arayüzü ve dil esnekliği sayesinde daha hızlı eğitim</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mevcut depo yönetim sistemlerine entegrasyon, yeni standartlar ve arayüzler</li> <li>Mevcut AG cihazlarının ve sistemlerinin sağlamlığı ve güvenilirliği endişesi</li> </ul>

### 3.4. Sürücüsüz Araçlar

Sürücüsüz araçlar lojistikte çoktan ilerlemiş ve depo operasyonlarında ticari kullanım için bir seviyeye ulaşmıştır. Tablo 6'da bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 6. Sürücüsüz araçlar için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>7/24 kullanımıyla operasyonel üretkenliğin ve varlık çalışma süresinin artırılması</li> <li>İnsan hatasını ortadan kaldırarak daha fazla güvenilirlik ve kalite</li> <li>Çevrede daha düşük etkiye sahip en uygun yönlendirme ile daha iyi yakıt verimliliği</li> <li>7/24 kullanımıyla operasyonel üretkenliğin ve varlık çalışma süresinin artırılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sigorta ve sorumluluk sorularının çözümü</li> <li>İşçiler ve halk tarafından sosyal kabul</li> <li>Teknolojinin olgunlaşması</li> <li>Yasal kısıtlamalar</li> </ul>

Özerk servislerin ve forkliftlerin (örneğin, Linde ve Balyo) birinci nesilleri, depolamanın açıkça tanımlanmış ve kontrol edilen alanlarında konuşlandırılarak, verimlilikte ve performansta yeni seviyelerinin kilidini açıyor (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016).

### 3.5. İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA'lar) veya dronlar, genel kabul görmeden önce halen biraz zaman gerektiriyor. İHA'ların ticari kullanımı çoğu ülkede yoğun şekilde düzenlenmiştir; Ancak ilk testler, özellikle de kırsal alanlarda doğum senaryolarında İHA'nın gelecek potansiyelini göstermiştir. Örneğin, DHL'nin Parcelcopter'ı başarıyla test edildi; ilaçlar ve acilen ihtiyaç duyulan diğer malları bir adaya ve Almanya'nın uzak bir dağ bölgesine gönderdi. Bu tür projelerden sağlanan deneyimler, teknolojiyi daha da geliştirmeye ve uygulanmasını hızlandırmaya yardımcı olacaktır (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016). Tablo 7'de bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 7. İHA için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>İlk ve son kilometre lojistik ağlarının operasyonel etkinliğinde artış</li> <li>Uzak bölgelerde otomatik teslimat yoluyla risk ve kazalarında azalma</li> <li>Artan esneklik ve teslimat hızı</li> <li>İlk ve son kilometre lojistik ağlarının operasyonel etkinliğinde artış</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA'ların izinsiz engellenmesi veya hacklenmesi</li> <li>Gizlilik ve güvenlik konusundaki endişeler</li> <li>İHA trafiğinin entegrasyonu</li> <li>İHA'ların izinsiz engellenmesi veya hacklenmesi</li> </ul>

### 3.6. Robot Teknolojileri ve Otomasyon

Karmaşık lojistik operasyonları ve maliyet duyarlılığı, geçmişte endüstriyel robotların benimsenmesindeki kilit engellerdi. Yeni nesil robotlar değişti; daha hafif, daha esnek, programlanması daha kolay ve daha ekonomik hale geldi. DHL'nin işbirlikçi robotlar kullanarak yaptığı başarılı testler, robotların lojistik operasyonlarda tekrarlayan ve fiziksel olarak zorlayıcı görevleri destekleyerek çalışanların yanında yan yana çalışabileceklerini gösterdi (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016). Tablo 8'de bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 8. Robot teknolojileri ve otomasyon için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lojistik altyapısının esnekliği.</li> <li>Verimlilik artışı ile stok seviyelerinde ve maliyetlerde düşme.</li> <li>Tekrar eden ve fiziksel yorucu görevlere yerleştirildiğinde, daha karmaşık görevlere ve istisna işlemlere odaklanma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yasal kısıtlamalar</li> <li>Otomasyona karşı insan güvencesi güvenliği gibi yeni düzenlemeler, hesap verebilirlik, etik ve yasal konular.</li> </ul>

### 3.7. Biyonik Güçlendirme

Sensörlerdeki ve nanoteknolojilerdeki gelişmeler, daha önce tahmin edilemeyen biyonik çözümleri mümkün kılmıştır. İleriye dönük düşünen şirketler, işletmedeki sağlık izleyicisi veya dış iskelet gibi giyilebilir materyalleri benimseme yollarını araştırıyor. Lojistik sektöründeki kullanım örnekleri, özellikle manuel taşıma faaliyetlerinde tekrarlayan hareketlerin neden olduğu stres ve gerginliği azaltmak için sağlık ve emniyetin geliştirilmesine odaklanacaktır (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016). Bu, 2014 yılında ABD özel sektöründe en yüksek iş kazasına sahip nakliye ve depolama sektöründe kilit bir sorundur (Bureau of Labor Statistics Report, 2015). Giyilebilir teknoloji ve ergonomik olarak tasarlanmış biyonikler, ilgili yaralanmaları ortadan kaldırmada bir çözüm olabilir. Tablo 9’da bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 9. Biyonik güçlendirme için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Giyilebilir eşyadan gerçek zamanlı operasyonel analiz yoluyla etkinliğin artırılması, proaktif düzeltme sağlanması</li> <li>Hareket ve düşünce kontrol teknolojileri ile eller serbest görev yürütme için devrimci potansiyel</li> <li>İşe yarayan yaralanmaların önemli ölçüde azaltılması ve hatta ortadan kaldırılması, sağlık ve güvenlik standartlarının yükseltilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bu eğilim endüstriyel kabulün ilk safhalarında olduğu için herhangi bir maliyet/fayda göstergesi mevcut değildir</li> <li>Çoğu biyonik madde şu anda kurumsal kullanım için olgunlaşmamıştır ancak çabuk gelişmektedir</li> <li>Güvenilir işlevsellik sağlamak için sürekli güç kaynağı tedariki şu anda geniş uygulama için yetersizdir</li> </ul>

### 3.8. 3B Baskı

Üretimde 3B yazıcıların kullanılması ile ürünlerin son konfigürasyonu isteğe bağlı olarak elde edilebilir; bu da son derece bireyselleştirilmiş ürünler için daha kısa teslim süreleri sağlar (ör. kişiselleştirilmiş bir tasarım veya ürüne bir isim eklenmesi). Ancak bölgesel lojistik ağları, artan sayıda üretim stratejileri ve küresel/kıtalararası bölgeden daha bölgesel/yerel tedarik zincirlerine ve dağıtımına geçiş nedeniyle daha karmaşık hale gelecektir. 3B yazıcıların geleneksel imalatın yerine tamamen seçilmiş parçalar için kullanılmasına bağlı olarak, bir şirketin tedarik zinciri stratejisi, planlaması ve uygulanması üzerindeki etkisini dikkatlice değerlendirmesi gerekebilir (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016). Tablo 10'da bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 10. 3B baskı için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lojistik sağlayıcılar, hammadde ve son ürünler için karmaşık ve parçalı tedarik zincirinin orkestra şefi olabilir</li> <li>3B baskı, yeni pazar segmentleri ve değer yaratma fırsatları yaratır (ör., Dijital ambarlar, 3B veri barındırma ve değiştirme konusunda güvenilir hizmet sunumu)</li> <li>Kullanıma daha yakın ürünler yaratarak taşıma maliyetlerini ve zamanı azaltır</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malzemeler üzerindeki kısıtlamalar ve 3B baskının hızı bu teknolojinin tam olarak benimsenmesini erteleyebilir</li> <li>Dijital tasarım şablonlarının yazarları bilgisayar korsanları tarafından hedef alınabilir ve telif hakkı ihlaline neden olabilir</li> <li>Hatalı 3B baskılı ürünler durumunda sorumluluk sorununu çözmeye ihtiyaç duyulmaktadır.</li> </ul>

### 3.9. Bulut Lojistik

Son yıllarda, lojistik sağlayıcıları yenilikçi tedarik zinciri çözümleri için BT hizmetlerine hızlı, verimli ve esnek erişim sağlayan bulut lojistiğini benimsemeye başladı. Günümüzde şirketler, bulut bilişim hizmetlerini bulut platformlarında çalıştırdıklarında yerel lojistik bilişim uzmanlarına anlık erişim sağlayarak küresel pazarlara daha kolay erişmektedirler. Gelecekte, ana odak, özellikle güvenlik açısından ve bulutun gerçek zamanlı, geniş ölçekli operasyonlardaki teknolojik performansı açısından 'buluta hazırlık' üzerine olacaktır (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016). Tablo 11'de bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 11. Bulut lojistik için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çevik, esnek ve elastik iş modelleri</li> <li>• Özelleştirilmiş, kişiselleştirilmiş lojistik hizmetleri uygun fiyatlı hale gelir</li> <li>• Dijitalleştirilmiş süreçler ve kolaylıkla paylaşılan gerçek zamanlı veriler aracılığıyla tedarik zinciri süreçlerini kontrol etme becerisi</li> <li>• Kullanım başına ödeme veya kiralama modelleri fiyat şeffaflığının artırılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veri taşıma ve güvenlik konularının hala kanıtlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır</li> <li>• Tedarik zinciri yönetim sistemlerine uyumluluğu ve entegrasyonu zorlayıcıdır</li> <li>• Artan veri hacimleri ve gerçek zamanlı gereksinimlerle tetiklenen gecikme gibi performansla ilgili endişeler</li> </ul>

### 3.10. Dijital Belirleyiciler

Son yıllarda, görünmez barkodlar ve QR kodları gibi yeni teknolojiler, akıllı baskıyı/etiketi etkinleştirdi ve biyometrik cihazlar nesnelerin ve hatta insanların daha kesin tanımlanması için çeşitli endüstrilerde benimsenmeye başlandı. Her toplu iş, sevkiyat ve varlık için bir kimlik koyarak, belirli öğelerin yerini belirlemek, ek güvenlik bilgileri sağlamak ve küresel tedarik zincirlerine yeni nesil parça ve izleme özellikleri yüklemek mümkündür. Dijital kimlik tanıma için farklı teknolojilerin artan kullanımı ve artan olgunluğu ile eksiksiz şeffaflık ve izlenebilirliğe sahip bağlı bir tedarik zinciri vizyonu giderek daha fazla somut hale gelmektedir (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016). Tablo 12’de bu teknolojinin fırsat ve zorlukları verilmiştir.

**Tablo 12. Dijital Belirleyiciler için ana fırsatlar ve anahtar zorluklar**

Ana Fırsatlar	Anahtar Zorluklar
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tedarik zincirindeki bilgilerin toplanmasını ve depolanmasını kolaylaştırır</li> <li>• Tedarik zincirlerinin daha olgun yönetimi için yeni seviyelerde şeffaflık, izlenebilirlik</li> <li>• Bütünlüğün kontrolü, dolandırıcılık tespiti ile ürün güvenliğini artırır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uluslararası standartların olmaması, gizlilik politikaları ve yatırım maliyetleri</li> <li>• Yalnızca kısmen var olan gönderici ve alıcı yetenekleri arasındaki bir eşleşmeye bağlıdır.</li> <li>• Veri koruma sorunu</li> </ul>



## 5. Lojistik Firmaların Beklentileri

Önümüzdeki yıllarda dijital dönüşüm gerçekleştirmeye karar veren firmalar için her anlamda büyük bir değişiklik yaşanacaktır. Firmalar, bu dönüşümün arkasındaki nedenleri; artan rekabet koşulları, müşteri ihtiyaçları, daha fazla kar etme vb. olarak sıralasa da, çoğu zaman dönüşümden neler beklediğini net olarak belirlemiyorlar. Bu çalışmada, firmaların Lojistik 4.0'dan tam olarak neler beklediğinin anlaşılması için öncelikle yazında yer alan çalışmalar ve endüstri raporları okunarak firma beklentileri ile ilgili bir taslak oluşturulmuştur (Büyüközkan, 2016), (Wang, 2016), (Lee vd., 2017), (Dong vd., 2018). Daha sonra konunun uzmanlarına danışılarak klasik yönetim seviyeleri için bu beklentiler, son haline getirilmiştir. Lojistik sektöründe yer alan firmaların Lojistik 4.0 teknolojilerinden beklentileri üç başlık halinde sıralanabilir.

### 5.1. Stratejik Seviyede Beklentiler

Stratejik seviyede genel olarak geleceğe yönelik ve belirsizlik oranı yüksek kararlar alınır. Firmaların uzun dönemli planları bu seviyede yer alan üst düzey yöneticiler tarafından belirlenir. Stratejik seviyede beklentiler belirlenirken, lojistikte uzun vadede teknolojilerden elde edilmesi planlanan faydalar göz önünde bulunduruldu. Örneğin, aracısız iş yapabilmek (S5) için firmanın radikal bir karar alması, iş yapış biçimini tamamen değiştirmesi gerekmektedir. Aynı şekilde, Lojistik 4.0 teknolojileri sayesinde müşteri sadakatinde artış sağlamayı beklemek (S3) uzun vadeli bir planlamadır. Belirlenen 6 tane stratejik seviyede beklenti, kısaltmalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

- Stratejik karar almada yardım (S<sub>1</sub>)
- Tedarik zincirinde risk yönetimi (S<sub>2</sub>)
- Müşteri sadakatinde artış/ müşteri değer yönetimi (S<sub>3</sub>)
- Güvenli iş süreçleri-Dijital kontrol (S<sub>4</sub>)
- İnsana olan bağlılıkta azalma-Aracısız iş (S<sub>5</sub>)
- Gerçek zamanlı veri ve doğru bilgiye erişim kolaylığı (S<sub>6</sub>)

### 5.2. Taktik Seviyede Beklentiler

Taktik seviyede genellikle stratejik seviyede verilen kararların uygulanması yapılır. Firmaların günlük olmayan işlerinin planlaması bu seviyede yapılır. Bu se-

viyedeki beklentiler belirlenirken, firmaların teknolojilerden taktiksel anlamda ne kazanımlar sağlamak istedikleri sorgulandı. Örneğin, tedarik zincirinin her aşamasının izlenebilir olması (T3), firmalara şeffaflık kazandıracak ve bu sayede takip etme işi kolaylaşacaktır. Çevresel konuların giderek önem kazandığı günümüzde, ileri teknolojilerin yardımıyla doğru rotalama yapılarak yakıt tasarrufu (T4) sağlamak mümkündür. Değişen koşullara hızlı ayak uydurma noktasında ürünlerin teslimat yerlerinde, zamanlarında, miktarlarında, yapısında vb. esneklik sağlanması (T5) önemlidir. Belirlenen 5 tane taktik seviyede beklenti, kısaltmalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

- İleri derecede talep ve sipariş tahmini (T<sub>1</sub>)
- Kaynak kullanımı optimizasyonu (T<sub>2</sub>)
- Tedarik zinciri boyunca görünürlüğün artması-Şeffaflık, takip (T<sub>3</sub>)
- Yakıt tasarrufu (doğru rotalama) (T<sub>4</sub>)
- Teslimat esnekliği (T<sub>5</sub>)

### 5.3. Operasyonel Seviyede Beklentiler

Operasyonel seviyede genellikle taktik seviyede verilen kararlar uygulanmaktadır. Bu seviyede firmaların bu teknolojiler sayesinde günlük iş yapış biçimlerinin ne şekilde değişebileceği sorgulandı. Örneğin, insan gözünden kaçan hataların, ileri teknolojiler sayesinde önlenmesine bağlı olarak hata oranında azalma (O2) beklenmektedir. Ayrıca, lojistik operasyonlarda ileri teknolojilerin kullanımı belli bir standardizasyon gerektirdiği için, süreçlerin çevrim sürelerinde azalma (O3) ve izlenebilirlik/denetlenebilirlikte artma (O4) olması beklenmektedir. Belirlenen 4 tane operasyonel seviyede beklenti, kısaltmalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

- Depo faaliyetlerinde verimlilik artışı (O<sub>1</sub>)
- Hata oranında azalma (O<sub>2</sub>)
- Süreçlerin çevrim sürelerinde azalma (O<sub>3</sub>)
- İzlenebilirlik ve denetlenebilirlik artışı (O<sub>4</sub>)

## 6. Uygulama

Çalışmanın bu bölümünde bir lojistik firması için teknoloji analizi uygulaması yapılacaktır. Gizlilik sebebiyle firmanın ismi verilmemektedir. Söz konusu firma,

farklı sektörlerden öncü uluslararası firmaya kara, deniz ve hava yollarında çeşitli lojistik hizmetler sunan ve sektörde ilk 10 firma arasında bulunan ulusal bir firmadır. Öte yandan, teknoloji yatırımlarına değişimin getirdiği zorunluluktan ziyade büyümek için gerekli en önemli unsur olarak bakan firmada yenilikçi çözümlere önem verilmektedir. Bu bağlamda, Lojistik 4.0 kapsamında pilot projeler yürütülmektedir. Lojistik 4.0 doğrultusunda birçok çalışma yöneten firma, Lojistik 4.0 teknolojileri konusunda rakiplerinden öndedir. Ayrıca, stratejik, taktik ve operasyonel seviyedeki beklentilerin ve Lojistik 4.0 teknolojilerinin değerlendirilmesini yapacak olan firmanın yöneticileri, lojistik süreçler ve teknoloji konusunda yeterli bilgi birikimine sahip uzmanlardır.

İlk olarak bulanık AHS yöntemi için uzmanlar kriterleri (firma beklentileri) Tablo 1’de verilen ifadeleri kullanarak ikili olarak karşılaştırmışlardır. Tablo 13, ana kriter için uzman değerlendirmesini göstermektedir.

**Tablo 13. Ana kriterlerin değerlendirme matrisi**

Ana kriterler	Dilsel ifadeler			Üçlü Bulanık Sayılar		
	S	T	O	S	T	O
<b>Stratejik (S)</b>	-	ODÖ	GDÖ	1	(2,3,4)	(4,5,6)
<b>Taktik (T)</b>		-	EDÖ	(1/4,1/3,1/2)	1	(1,1,2)
<b>Operasyonel (O)</b>			-	(1/6,1/5,1/4)	(1/2,1,1)	1

Bulanık AHS yönteminin adımları sırasıyla uygulanarak ve (1), (2), (3), (4), (5) kullanılarak kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur. Tablo 14’te yöntemin sonucu verilmiştir. Değerlendirmelerin tutarlılık oranları;  $CR_{anakriter}=0.005$ ;  $CR_{stratejik}=0.025$ ;  $CR_{taktik}=0.006$ ;  $CR_{operasyonel}=0.006$  olarak bulunmuştur.

**Tablo 14. Bulanık AHS yönteminin sonucunda bulunan firma beklentilerinin ağırlıkları**

Ana Kriter	Ağırlıklar	Alt Kriterler	Yerel Ağırlıklar	Ağırlıklar	Sıralama
<b>S</b>	0.655	<b>S<sub>1</sub></b>	0.369	0.242	1
		<b>S<sub>2</sub></b>	0.130	0.085	4
		<b>S<sub>3</sub></b>	0.047	0.031	9
		<b>S<sub>4</sub></b>	0.318	0.209	2
		<b>S<sub>5</sub></b>	0.104	0.068	5
		<b>S<sub>6</sub></b>	0.032	0.021	11
<b>T</b>	0.203	<b>T<sub>1</sub></b>	0.106	0.022	10
		<b>T<sub>2</sub></b>	0.046	0.009	15
		<b>T<sub>3</sub></b>	0.067	0.014	13
		<b>T<sub>4</sub></b>	0.456	0.093	3
		<b>T<sub>5</sub></b>	0.326	0.066	6
<b>O</b>	0.142	<b>O<sub>1</sub></b>	0.424	0.060	7
		<b>O<sub>2</sub></b>	0.367	0.052	8
		<b>O<sub>3</sub></b>	0.125	0.018	12
		<b>O<sub>4</sub></b>	0.084	0.012	14

Ana kriterlerden stratejinin (S) ağırlığı diğer iki kritere göre çok fazla çıkmıştır. Bu, firmanın stratejik seviyedeki beklentilerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. En önemli firma beklentisi ise stratejik karar almada yardım (S1) olarak karşımıza çıkmaktadır. İkinci en önemli faktör ise güvenli iş süreçleri (S4) olarak bulunmuştur.

Tablo 15. Uzmanların değerlendirmeleriyle oluşturulan etki matrisi

Alt Kriterler	Teknolojiler									
	Büyük Veri	Nesnelerin İnterneti	Artırılmış Gerçeklik	Sürücüsüz Araçlar	İnsansız Hava Araçları	Robot Teknolojileri-Otomasyon	Biyonik Güçlendirme	3B Baskı	Bulut Lojistik	Dijital Belirleyiciler
S <sub>1</sub>	MDE	ÇYDE	EY	EY	EY	ÇDDE	ÇDDE	EY	MDE	ÇDDE
S <sub>2</sub>	MDE	ÇDDE	EY	EY	YDE	DDE	DDE	DDE	ODE	DDE
S <sub>3</sub>	MDE	MDE	EY	ÇDDE	ÇDDE	EY	EY	MDE	ODE	DDE
S <sub>4</sub>	ÇDDE	DDE	ÇYDE	MDE	ÇDDE	ODE	MDE	EY	DDE	MDE
S <sub>5</sub>	EY	ODE	YDE	MDE	MDE	MDE	YDE	DDE	EY	ODE
S <sub>6</sub>	ÇYDE	MDE	MDE	EY	ÇDDE	ÇDDE	ODE	EY	MDE	MDE
T <sub>1</sub>	MDE	MDE	ÇDDE	EY	ODE	EY	EY	EY	ÇYDE	MDE
T <sub>2</sub>	MDE	ODE	DDE	YDE	YDE	YDE	ODE	YDE	ÇYDE	ODE
T <sub>3</sub>	MDE	MDE	YDE	ÇDDE	MDE	DDE	YDE	EY	ÇYDE	MDE
T <sub>4</sub>	MDE	EY	EY	MDE	ÇYDE	EY	EY	EY	EY	EY
T <sub>5</sub>	MDE	ODE	EY	DDE	MDE	MDE	ÇDDE	MDE	EY	ÇDDE
O <sub>1</sub>	EY	ÇDDE	MDE	EY	EY	MDE	MDE	ÇDDE	EY	ODE
O <sub>2</sub>	EY	ODE	MDE	MDE	MDE	MDE	MDE	DDE	ÇDDE	YDE
O <sub>3</sub>	EY	DDE	MDE	DDE	DDE	MDE	ÇYDE	MDE	EY	ODE
O <sub>4</sub>	EY	MDE	ÇYDE	DDE	MDE	ÇDDE	YDE	EY	DDE	MDE

Tablo 16. Çalışmanın sonuçları

Teknolojiler	Stratejik Seviye		Taktik Seviye		Operasyonel Seviye		Genel	
	BNP	Sıra	BNP	Sıra	BNP	Sıra	BNP	Sıra
Büyük Veri	0.393	1	0.192	1	0.008	10	0.593	1
Nesnelerin İnterneti	0.368	3	0.076	5	0.053	7	0.497	2
Artırılmış Gerçeklik	0.259	7	0.025	10	0.132	1	0.416	9
Sürücüsüz Araçlar	0.286	6	0.119	3	0.062	6	0.468	5
İnsansız Hava Araçları	0.178	9	0.169	2	0.070	5	0.417	8
Robot Teknolojileri-Otomasyon	0.243	8	0.080	4	0.124	3	0.447	6
Biyonik Güçlendirme	0.323	5	0.031	9	0.128	2	0.483	3
3B Baskı	0.107	10	0.076	6	0.045	8	0.227	10
Bulut Lojistik	0.379	2	0.046	8	0.017	9	0.442	7
Dijital Belirleyiciler	0.329	4	0.054	7	0.085	4	0.468	4

Çalışmanın ön kısmında belirlenen 10 adet teknoloji ile 15 adet firma beklentisi arasında bir etki matrisi oluşturulmuştur ve uzmanlar bulanık etki matrisi

yöntemi için alternatifleri (Lojistik 4.0 teknolojileri) Tablo 2’de verilen ifadeleri kullanarak değerlendirmişlerdir. Tablo 15, uzman değerlendirmesini göstermektedir. Örneğin büyük veri teknolojisinin müşteri alışkanlıklarını analiz etmede ve kişiye özel fırsatlar yaratarak müşteriyi kazanmada önemli rol oynadığı bilinmektedir. Nitekim, büyük veri teknolojisinin müşteri sadakatinde artış/ müşteri değer yönetimi (S3) bileşenine etkisi uzmanlar tarafından mükemmel derecede etkili (MDE) olarak belirlenmiştir.

Bulanık etki matrisi yönteminin adımları sırasıyla uygulanarak ve (6), (7) ve (3) kullanılarak her alternatif için BNP değeri bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda, “Büyük Veri” teknolojisi, stratejik, taktik seviyelerde ve genel sıralamada birinci olmuştur. Operasyonel seviyede ise “Artırılmış Gerçeklik” birinci olmuştur. İkinci önemli teknoloji; genelde “Nesnelerin İnterneti” olurken, stratejik seviyede “Bulut Lojistik”, taktik seviyede “İnsansız Hava Araçları”, operasyonel seviyede ise “Biyonik Güçlendirme” teknolojisi olmuştur.

## 7. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın amacı, Lojistik 4.0 kapsamında var olan ileri teknolojiler hakkında bilgi vermek, firmaların bu teknolojilerden beklentilerini gruplandırmak ve bu teknolojilerin firmaların beklentisine olan etkilerini analiz etmeye yardımcı olacak sayısal bir metot sunmak olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, öncelikle var olan ileri teknolojiler incelenmiş, firmaların bu teknolojilerden beklentilerinin neler olabileceği yazın taraması ve uzman görüşleri vasıtasıyla üç yönetim seviyesi için belirlenmiştir (stratejik, taktik, operasyonel). Uzmanlardan alınan bilgiler ışığında, bu teknolojilerin lojistik firmaların beklentilerine olan etkileri etki matrisi oluşturularak incelenmiştir. Sayısal metodu gündelik hayata uygun hale getirmek amacıyla, dilsel ifadelerin kullanıldığı bulanık mantık çerçevesinde ilerlenmiştir. Bu sayede uzmanların düşüncelerini sayılarla ifade etme zorluğunun önüne geçilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre lojistik sektöründe büyük veri ve nesnelerin interneti teknolojilerinin firmaların beklentilerine etkisi büyüktür. Bu doğrultuda, Lojistik 4.0 için karar veren firmaların bu iki teknolojiye diğer teknolojilerden daha fazla önem vermesi kaçınılmazdır. Grefen vd. (2018)’in belirttiği gibi, teknolojik açıdan etkin bir lojistik ağ oluşturmak için öncelikle lojistik mega-trendleri ve bilişim teknolojileri mega-trendleri arasında dinamik bir etkileşim sağlanmalıdır.

Dünyanın önde gelen lojistik firmalarından UPS, DHL ve Amazon'a göre, nesnelerin interneti, robot teknolojileri ve artırılmış gerçeklik teknolojileri gelecek vaat etmektedir (DHL Logistics Trend Radar Report, 2016; Warehouse DC News 2019; DHL Logistics Trend Radar Report, 2018). Ayrıca bilimsel makalelerde de büyük veri ve nesnelerin interneti teknolojilerinin lojistik sektöründe uygulanmasının önemine dikkat çekilmektedir (Kunz ve Schmortte, 2016; Strandhagen vd., 2017; Tahiduzzaman vd., 2017; Schmidtke vd., 2018). Bu bağlamda, çalışmanın sonuçları ile Türkiye ve dünya üzerindeki firmaların düşünceleri ve bilimsel çalışmaların örtüştüğünü söylemek mümkündür. Teknolojilerden bazılarının lojistik sektöründe tam anlamıyla uygulanabilmesi için zamana ihtiyaç olduğunu da vurgulamak gerekmektedir. Bu çalışma, yeni bir model sunması ve metodoloji önermesi açısından lojistik sektöründeki yöneticilere ve konuyla ilgilenen araştırmacılara yardımcı olacaktır.

Gelecek çalışmalarda, bir firmanın bakış açısına göre yapılan uygulamanın Türkiye'de sektörde ilk 10 sırada bulunan 2-3 lojistik firmasına daha uygulanması planlanmaktadır. Böylece farklı firmaların sonuçları karşılaştırılarak daha genelleştirilebilir sonuçlar çıkarılabilir. Ayrıca grup karar verme yaklaşımı sonraki çalışmalarda kullanılabilir. Grup karar verme yaklaşımıyla, karar verme sürecindeki kişisel değerlendirmelerin etkisi azaltılarak daha fazla bütünsellik sağlanabilir.

## Teşekkür

Yazarlar; editöre, hakemlere ve endüstriyel uzmanlara çalışmaya sağladıkları değerli katkılar için teşekkürlerini sunarlar. Yazarlar ayrıca, finansal desteği için de Galatasaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonuna (Proje numarası 18.402.003 ve 19.402.001) teşekkür ederler.

## Kaynakça

- 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.
- Avcı, C., Aydın, N. (2017), "Sürücüsüz Araçların Gelişimi ve Gelecek Vizyonu", *Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi*, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, 13.
- Bahadır, B., Büyüközkan, G. (2016), "Robot Selection for Warehouses", *XIV. International Logistics and Supply Chain Congress*, 1-2 December 2016, İzmir, 341-349.
- Barreto, L., Amaral, A., Pereira, T. (2017), "Industry 4.0 implications in logistics: an overview", *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Beg, I., Rashid, T. (2013), TOPSIS for hesitant fuzzy linguistic term sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 28(12), 1162-1171.
- Bureau of Labor Statistics Report (2015), <<http://www.bls.gov/news.release/pdf/osh2.pdf>>
- Büyüközkan, G. (2016), Tedarik Zinciri 4.0 Teknolojileri. *Lojistik Dergisi*, 16-19. 37.sayı, [www.loder.org.tr](http://www.loder.org.tr)
- Büyüközkan, G., Çifçi, G. (2012), "A combined fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS based strategic analysis of electronic service quality in healthcare industry", *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2341-2354.
- Büyüközkan, G., Güler, M., Uztürk, D. (2016), "Selection of Wearable Glasses in the Logistics Sector", *XIV. International Logistics and Supply Chain Congress*, 1-2 December 2016, İzmir, 377-385.
- Cheng, C. H., Mon, D. L. (1994), "Evaluating weapon system by analytical hierarchy process based on fuzzy scales", *Fuzzy sets and systems*, 63(1), 1-10.
- Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A., Fantoni, G. (2018), "Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia", *Computers in Industry*, 100, 244-257.
- Cisco Report (2016), <[http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/services/portfolio/consulting-services/documents/consulting-services-capturing-ioe-value-aag.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/services/portfolio/consulting-services/documents/consulting-services-capturing-ioe-value-aag.pdf)>
- Çelebi, D., İmre, Ş. (2017), "Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Veri Gereksinimlerinin Belirlenmesi İçin Bir Yazın Araştırması", *Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi*, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, 4.
- Delfino, A., Damiani, L., Revetria, R., Maurizio, S. (2017), "Logistics in a Connected World: Industry 4.0 and Open Source Technologies", *World Congress on Engineering and Computer Science 2017*, 25-27 October 2017, San Francisco, USA.



DHL Augmented Reality Report (2015), <[http://www.dhl.com/en/press/releases/releases\\_2015/logistics/dhl\\_successfully\\_tests\\_augmented\\_reality\\_application\\_in\\_warehouse.html](http://www.dhl.com/en/press/releases/releases_2015/logistics/dhl_successfully_tests_augmented_reality_application_in_warehouse.html)>

DHL Logistics Trend Radar Report, (2016), <[http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/dhl\\_logistics\\_trend\\_radar\\_2016.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_logistics_trend_radar_2016.pdf)>

DHL Logistics Trend Radar Report, (2018), <<<https://www.logistics.dhl/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-trend-radar-widescreen.pdf>>

Dong, W., Fudurich, J., Suchanek, L. (2018), " Digital Transformation in the Service Sector: Insights from Consultations with Firms in Wholesale, Retail and Logistics. Bankofcanada.ca." <https://www.bankofcanada.ca/2017/11/staff-analytical-note-2017-19/>

Edirisuriya, A., Weerabahu, S., Wickramarachchi, R. (2018, December), "Applicability of Lean and Green Concepts in Logistics 4.0: A Systematic Review of Literature", In *2018 International Conference on Production and Operations Management Society (POMS)* (pp. 1-8). IEEE.

Erokhina, T. B., Mitko, O. A., Troilin, V. V. (2018), "Digital Marketing and Digital Logistics in Consumer Communication", *European Research Studies Journal*, 21(Special 2), 861-867.

Galindo, L.D. (2016), "The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology", Norwegian University of Science and Technology, Master Tezi, Norveç.

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.

Grefen, P., Hofman, W., Dijkman, R., Veenstra, A., Peters, S. (2018), "An Integrated View on the Future of Logistics and Information Technology", *arXiv preprint arXiv:1805.12485*.

Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., Voß, S. (2017), "Multi-objective inter-terminal truck routing", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 106, 178-202.

Hofmann, E., Rüsçh, M. (2017), "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics", *Computers in Industry*, 89, 23-34.

Hsieh, T. Y., Lu, S. T., Tzeng, G. H. (2004), "Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings", *International Journal of Project Management*, 22(7), 573-584.

Kayikci, Y. (2018), "Sustainability impact of digitization in logistics", *Procedia manufacturing*, 21, 782-789.

Kazan, H., Özçelik, S. (2017), "Yeni Endüstriyel Devrim ve Lojistik 4.0", *Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi*, 26-27 Ekim 2017, İstanbul, 59.

Klir, G. (1997), "Fuzzy arithmetic with requisite constraints", *Fuzzy Sets And Systems*, 91(2), 165-175.

Kunz, D., Schmorte, R. (2016), "Logistics 4.0 – 3 smart, connected, digital", Ehrhardt+Partner.

Lee, A. R. (1999), "Application of modified fuzzy AHP method to analyze bolting-sequence of structural joints", *UMI Dissertation Service*, A Bell & Howell Company.

Lee, C., Lv, Y., Ng, K., Ho, W., (2017), "Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics", *International Journal Of Production Research*, 1-16.

Micieta, B., Słazewska, J., Binasova, V., Hercko, J. (2017), "Adaptive Logistics Management And Optimization Through Artificial Intelligence", *Communications*, 19, 10-14.

Öztemel, E., Gürsev, S. (2018), "Türkiye’de Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0 Etkileri ve Yatırım İmkanlarına Bakış Üzerine Anket Uygulaması", *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 2:157-168.

Schmidtke, N., Behrendt, F., Thater, L., Meixner, S. (2018, April), "Technical potentials and challenges within internal Logistics 4.0", In *Logistics Operations Management (GOL), 2018 4th International Conference on* (pp. 1-10). IEEE.

Sternad, M., Lerher, T., Gajsek, B. (2018), "Maturity Levels for Logistics 4.0 Based On NrW’S Industry 4.0 Maturity Model", *Business Logistics in Modern Management*, 18, 695-708.

Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., Sharma, N. (2017), "Logistics 4.0 and emerging sustainable business models", *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359-369.

Warehouse DC News, (2019), 3 Tech Trends Shaping the Future of Global Logistics, <[https://www.supplychain247.com/article/3\\_tech\\_trends\\_shaping\\_the\\_future\\_of\\_global\\_logistics](https://www.supplychain247.com/article/3_tech_trends_shaping_the_future_of_global_logistics)>

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

Tahiduzzaman, M., Rahman, M., Rahman, M. S. (2017), "Big data and its impact on digitized supply chain management", *Journal of Business Management*, 3(9), 196-208.

Tijan, E., Aksentijević, S., Ivanić, K., Jardas, M. (2019), "Blockchain Technology Implementation in Logistics", *Sustainability*, 11(4), 1185.

Timm, I. J., Lorig, F. (2015, December), "Logistics 4.0: a challenge for simulation", In *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference* (pp. 3118-3119). IEEE Press.

TOBB Report, (2018), Akıllı Fabrikalar Geliyor, <[http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016\\_027.pdf](http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf) >

Wang, K. (2016, November), "Logistics 4.0 Solution-New Challenges and Opportunities", In *6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*. Atlantis Press.

Wrobel-Lachowska, M., Wisniewski, Z., Polak-Sopinska, A. (2017, July), "The role of the lifelong learning in logistics 4.0", In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 402-409). Springer, Cham.

Wu, H., Tzeng, G., Chen, Y. (2009), "A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard", *Expert Systems With Applications*, 36(6), 10135-10147.

Yüksel, H. (2016), Tedarik zinciri yönetiminde dijitalleşmenin önemi. <http://www.lojistikhatti.com/haber/2016/01/tedarik-zinciri-yonetiminde-dijitallesmenin-onemi>

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

Zheng, X., & Ren, J. (2016, October), "Effectiveness Evaluation Method for Digital Logistics Equipment System of Systems", In *2016 4th International Conference on Mechanical Materials and Manufacturing Engineering*. Atlantis Press.