

BÖLÜM 8

LOJİSTİK FAALİYETLER TEMELİNDE AKILLI LOJİSTİK TEKNOLOJİLERİN AHP YÖNTEMİ İLE SIRALANMASI¹

Gizem Sefa KİREÇCİ²

Arş. Gör. Halil KARLI³

Melek EFE⁴

Eray KİRENCİ⁵

¹ TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında hazırlanan 1919B012001993 numaralı proje raporundan üretilmiştir.

² Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Bartın, Türkiye, gizemsefak99@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-9820-8130

³ Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Bartın, Türkiye, hkarli@bartin.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5366-9774

⁴ Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Bartın, Türkiye, melek_efe2000@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0002-3794-4609

⁵ Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Bartın, Türkiye, eray_kirenci95@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0003-4850-4526

GİRİŞ

Müşteriler, en uygun fiyata beklentilerini karşılayacak ürünlere en hızlı şekilde ulaşmayı talep etmektedir. Müşterilerin değişken taleplere uyumlu ve vaktinde teslimat beklentileri ve rekabetin uluslararası ortama taşınması firmaları rekabette öne geçirecek stratejiler geliştirmeye yönlendirmektedir (Skjoett-Larsen, 2000). Rekabete yönelik geliştirilen stratejilerde en kritik rollerden biri de lojistiğe düşmektedir. Çünkü lojistik, ürünün ham madde aşamasından son aşamasına kadar tüm akışı ifade etmesi nedeniyle birçok doğrunun ilişkili bir şekilde gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Geleneksel tedarik zinciri operasyonları ve yönetim adımları, artan tüketim miktarı ve bunun sonucunda ortaya çıkan ekonomik büyümeye cevap verememektedir (Issaoui vd., 2021). Yaşam sürelerini uzatmak ve diğer firmalarla rekabetlerini sürdürmek isteyen firmaların lojistik süreçleri yenilikçi bakış açısıyla değerlendirmeleri, beklentilere uyumlu bir şekilde dönüştürmeleri ve çağın teknolojisine uyumlu hale getirmeleri gerekmektedir. Bu amaçla ortaya koyulan kavramlardan biri de akıllı lojistiktir.

Akıllı lojistik (Lojistik 4.0), endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan bir dijital dönüşüm yaklaşımıdır. Akıllı lojistikle ilgili farklı birçok tanım ortaya atılmış olmasına rağmen tanımsal çerçevede büyük çoğunluğun kabul ettiği ortak bir tanım bulunmamaktadır (Ding vd., 2021). Winkelhaus ve Grosse, (2019), akıllı lojistiği, *“bireyselleştirilmiş müşteri taleplerinin maliyet artışı olmaksızın sürdürülebilir şekilde tatmin edilmesini sağlayan ve dijital teknolojiler kullanılarak sanayi ve ticarete bu gelişmeyi destekleyen lojistik sistem”* olarak tanımlamıştır. Akıllı lojistik, en üst düzeyde etkin ve verimli tedarik zinciri paydaşları yaratmayı amaçlamaktadır (Yangınlar, 2020). Akıllı lojistik, diğer paydaşlarla ortak karar vermeyi kolaylaştıran, gerçek zamanlı izlenebilir, müşterilere hızlı yanıt imkânı veren, görünür bir lojistik sistemin oluşmanı sağlamaktadır (Cano vd., 2021). Farklı bir bakış açısı sunan akıllı lojistiğin en temel aracı teknolojidir. En son teknolojilerden faydalanılması akıllı lojistiği geliştirme konusunda en gerekli husustur (Ding vd., 2021). Lojistikle ilişkili müşteri taleplerinin karşılanmaması, verimlilik, harcamalarda yükselme ve bunun sonucunda maliyet ve rekabetin artması, akıllı lojistik teknolojilerinin yararlı bir şekilde kullanılmamasının ortaya çıkaracağı sonuçlar arasındadır (Aylak vd., 2020). Bu nedenle, akıllı lojistik teknolojilerinin doğru analiz edilmesi gerekmektedir.

Akıllı lojistik teknolojilerine yönelik yapılan çalışmaların sayısı son yıllarda önemli bir artış göstermektedir. Nesnelerin interneti (Buntak vd., 2019; Ding vd., 2021; Farquharson vd., 2021; Lee vd., 2018; Zhou vd., 2015),

blok zincir (Astarita vd., 2020; Dobrovnik vd., 2018; Omar vd., 2022; Tijan vd., 2019; Yi, 2021), bulut bilişim (Akben ve Avşar, 2017; Chan vd., 2017; Ding vd., 2021; Lee vd., 2016; Tsertou vd., 2016), artırılmış gerçeklik (Cirulis ve Ginters, 2013; De Silva ve Liyagane, 2019; Rejeb vd., 2021; Stoltz vd., 2017), büyük veri (Dong vd., 2021; İyigün, 2019; Khurana ve Kumar, 2017; Tiwari vd., 2018), robotlar (Ackerman, 2022; Bogue, 2022; Karabegović vd., 2015; Mungla, 2019), dijital ikiz (Blomkvist ve Loenbom, 2020; Figueiras vd., 2021; Braglia vd., 2019; Piancastelli ve Tucci, 2020) akıllı lojistikle ilgili araştırılan teknolojilerin başında gelmektedir. Bu teknolojilerin konusu doğrudan lojistik veya tedarik zinciri olabildiği gibi (Akben ve Avşar, 2017; Blomkvist ve Loenbom, 2020; Büyüközkan ve Güler, 2019; Cano vd., 2021), depo yönetimi (Bogue, 2022; Buntak vd., 2019; Lee vd., 2018), stok yönetimi (Khurana ve Kumar, 2017; Lee vd., 2016) ve taşımacılık yönetimi (Astarita vd., 2020; Cirulis ve Ginters, 2013; Tsertou vd., 2016) gibi belirli bir lojistik faaliyet özelinde gerçekleştirilmiştir.

Artan nüfusla birlikte tüketici ihtiyaçlarının farklılaşması, buna bağlı olarak sürekli değişim yaşayan endüstriler nedeniyle akıllı lojistik bakış açısına yönelik bir eğilim bulunmaktadır. Ancak, akıllı lojistik bakış açısı avantajları gibi dezavantajlara da sahiptir (Issaoui vd., 2021). Ayrıca, akıllı lojistiğin araçları olarak kabul edilen akıllı lojistik teknolojilerinin sayısının artması, hangi faaliyetlere hangisinin uygun ve yararlı olduğunun tespit edilmesini zorlaştırmaktadır (Cano vd., 2021). Bu tespitin yapılması uzun vakitler ve yüklü maliyetler ortaya çıkarma ihtimali nedeniyle başta KOBİ'ler olmak üzere birçok firma akıllı lojistik teknolojilerini uygulamayı riskli bulabilmektedir. Akıllı lojistik teknolojilerin avantajlarının doğru bir şekilde değerlendirilmesi, bu teknolojilerin kullanımına yönelik istekliliği artırabilmektedir (Aylak vd., 2020). Ayrıca, lojistik içerisinde birçok faaliyet yürütülmekte ve bu faaliyetlerin oluşturduğu maliyetler satış fiyatını %4-20 arasında etkilemektedir (Çatalbaş, 2017). Ancak lojistik maliyetlerin %92'si gibi önemli bir kısmı taşımacılık yönetimi (%58), depo yönetimi (%23) ve stok yönetimi (%11) faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Rodrigue, 2021). Ayrıca bu üç faaliyet, etkin ve verimli bir lojistik yönetiminde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu sebeple, müşteri beklentilerine uygun, hızlı ve çevik lojistik akışı sağlanabilmesinde de bu üç temel faaliyetin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Akıllı lojistik teknolojilerinin yararları ve önem sırası lojistik açısından daha önceki araştırmalarda ortaya koyulmasına (Büyüközkan ve Güler, 2019) rağmen hangi teknolojinin hangi faaliyet için daha önemli olduğuna yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, taşımacılık yönetimi, depo yönetimi ve stok yönetimi faaliyetleri açısından akıllı lojistik teknolojilerin önem sırasının tespit edilmesidir. Bu çalışmanın iki katkısı bulunmaktadır. İlk olarak, taşımacılık, depolama ve stok yönetimi bağlamında çalışmada kullanılan teknolojilerin önem sırasını belirlemektedir. Bu sayede, sektör paydaşlarına bu teknolojileri tercih etme aşamasında bir bakış açısı kazandırması beklenmektedir. İkinci olarak önem sırası düşük çıkan teknolojilerin kullanım alanlarıyla ilgili öneriler getirilmektedir. Bu sayede ilgili teknolojilere yönelik farkındalığın artırılmasına katkı sunması beklenmektedir.

1. YÖNTEM

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Saaty (1980) tarafından oluşturulmuş çok kriterli karar verme yöntemidir. Hem nicel hem de nitel verilerde etkin bir şekilde kullanılabilir (Rajak ve Shaw, 2019). Sunmuş olduğu hiyerarşik model yapısıyla karmaşık problemlere uygun çözümler sağlamaktadır (Solangi vd., 2018). Ayrıca, matematiksel nitelikleri ve veri toplamadaki kolaylığı nedeniyle araştırmacılar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır (Triantaphyllou ve Mann, 1995). Lojistik alanında da çok farklı amaçlarla AHP yönteminden yararlanılmıştır (Eryuruk vd., 2013; Kumru ve Kumru, 2013; Roh vd., 2013; Routroy, 2009; Yang ve Chen, 2016). AHP yöntemi, dört adımdan oluşmaktadır (Al-Harbi, 2001; Azimifard vd., 2018; Saaty, 2008)

1. Adım: Araştırma problemi ortaya koyulur ve istenilen bilgi türü kararlaştırılır.

2. Adım: Amaçtan başlayarak kriterler, alt kriterler ve alternatifler olmak üzere karar hiyerarşisi oluşturulur.

3. Adım: İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur. İkili karar matrisleri tablo 1’de gösterilen ölçek kullanılarak uzmanlar tarafından doldurulmaktadır. Uzmanların oluşturduğu matrislerin geometrik ortalaması alınarak tek bir matris (w_{ij}) şeklinde de ifade edilebilir (Azimifard vd., 2018; Ceylan ve Gürsev, 2020). Bu çalışmada kriter sayısı n adet olup matris (n, n) şeklinde oluşmaktadır.

$$A = w_{ij} = \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tablo 1. Göreceli Önem Ölçeği

Önem Değerleri	Değer Tanımı	Değer Açıklaması
1	Eşit Derece Önemli	İki kriterin amaç için eşit önemli olduğunu gösterir
3	Orta Derecede Önemli	Bir kriter diğerine kıyasla orta derece daha fazla önemli olduğunu gösterir
5	Yüksek Derecede Önemli	Bir kriter diğerine kıyasla yüksek derecede daha fazla önemli olduğunu gösterir
7	Çok Yüksek Derecede Önemli	Bir kriter diğerine kıyasla çok yüksek derecede daha fazla önemli olduğunu gösterir
9	Olağanüstü Derecede Önemli	Bir kriter diğerine kıyasla olağanüstü derece daha fazla önemli olduğunu gösterir
2,4,6,8	Ara Değerler	İki ardışık derece arasındaki dereceleri ifade etmektedir

Kaynak: Saaty, (2008).

Daha sonrasında, ikili matris sütunlarında yer alan her eleman sütun toplamına bölünerek matrislerin normalleşme işlemi gerçekleştirilir. Normalleştirilmiş ikili matristeki her bir satırın ortalaması alınarak, kriter için önem ağırlıkları ayrı ayrı belirlenir. Bu ağırlıklar öncelik vektörü olarak kavramlaştırılmıştır (Özbek, 2019).

4. Adım: Tutarlık analizleri gerçekleştirilir. Tutarlılık, AHP yöntemi için önemli bir unsurdur. Her uzmanın oluşturduğu ikili karşılaştırma matrisinin tutarlığı kontrol edilmektedir. İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizi, tutarlılık indeksi ve rassal indeks değerlerine göre hesaplanmaktadır. Bunun için ilk olarak tüm öncelikler matrisi oluşturulur ve ikili karşılaştırma matrisinin özdeğeri (λ_{max}) hesaplanır. Daha sonra matrisin tutarlılığını kontrol etmek için tutarlılık indeksi hesaplanır;

$$\text{Tutarlılık indeksi} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Son olarak tutarlık oranı hesaplanır. Tutarlılık oranı, değerlendirmelerin uygun şekilde tutarlı olup olmadığını kontrol eder. Tutarlılık oranı, tutarlılık indeksinin rassal indekse oranlanmasıyla hesaplanır.

$$Tutarlılık\ oranı = \frac{Tutarlılık\ indeksi}{Rassal\ indeks} \quad (3)$$

Bu nedenle tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için Rassal indeksin bilinmesi gerekmektedir.

Tablo 2. Rassal indeks

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassal indeks	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tutarlılık oranı uzmanların vermiş olduğu kararların tutarlılığını test etmektedir. Tutarlılık oranı değerinin 0,10'dan yüksek olması uzman tarafından ikili karşılaştırmaların tutarsız bir şekilde yapıldığını göstermekte ve bu durumda tüm adımların tekrarlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

2. UYGULAMA

Uygulama süreci yöntem kısmında belirtildiği gibi dört adımdan oluşmaktadır.

1. Adım: Lojistik sektörü, yoğun bir dijital dönüşüm sürecindedir. Süreç içerisinde çok farklı teknolojilerden faydalanılmaktadır. Ancak teknolojilerin değerlendirilmesi ve önemleri lojistik çerçevesinde ortaya koyulmasına rağmen lojistik faaliyetler bazında önem derecelerinin bilinmemesi, bu teknolojilerle ilgili yapılacak değerlendirmelerde bilgi boşluğu oluşturmaktadır.

2. Adım: Bu çalışmanın amacı, taşıma, depolama ve stok yönetimi faaliyetlerinde akıllı lojistik teknolojilerinin önem sırasının belirlemektir. Büyüközkan ve Güler (2019)'e göre şirketler, akıllı lojistik teknolojilerini en doğru şekilde kullanarak, işlerini daha iyi hale getirmeye çalışmakta ve bunu yapabilmelerinin yolu da teknolojileri değerlendirerek gereksinimlerine uygun teknolojiyi seçmekten geçmektedir. Bu nedenle hangi faaliyet için hangi teknolojinin daha yararlı olacağı önem taşımaktadır. Bu çerçevede Büyüközkan ve Güler (2019), Efthymiou ve Ponis (2021), Sun vd. (2021),

Winkelhaus ve Grosse (2019)'un çalışmaları ve bu alanda çalışmaları olan bir akademisyenin görüşü alınarak 7 farklı teknoloji belirlenmiştir.



Şekil 1: Karar Hiyerarşisi

3. Adım: İkili karşılaştırma tabloları, lojistik alanında çalışan dokuz uzman tarafından cevaplanmıştır. Uzmanların 3'ü uzman pozisyonunda 3'ü orta düzey yönetici pozisyonunda ve 3'ü üst düzey yönetici pozisyonunda çalışmaktadır. Her bir faaliyet için uzmanlar tarafından doldurulan ikili karşılaştırma matrislerin geometrik ortalamaları alınmış ve birer matrise dönüştürülmüştür. Tüm uzmanların kararları aynı öneme sahip olarak kabul edilmiştir. Taşımacılık yönetimi, depo yönetimi ve stok yönetimine ait ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Taşımacılık Yönetimi İkili Karşılaştırma Matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	1,000	1,236	1,876	2,288	1,389	2,822	2,434
T2	0,809	1,000	1,206	2,139	1,351	1,585	2,598
T3	0,533	0,829	1,000	1,398	1,080	1,283	2,020
T4	0,437	0,467	0,715	1,000	1,067	0,920	1,000
T5	0,720	0,740	0,926	0,937	1,000	1,334	2,370
T6	0,354	0,631	0,779	1,087	0,750	1,000	1,351
T7	0,411	0,385	0,495	1,000	0,422	0,740	1,000

Tablo 4: Depo Yönetimi İkili Karşılaştırma Matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	1,000	1,418	0,656	1,088	0,799	0,701	1,263
T2	0,705	1,000	1,431	0,912	1,379	0,332	0,320
T3	1,524	0,699	1,000	1,098	1,152	0,577	0,713
T4	0,919	1,096	0,911	1,000	0,716	0,462	0,591
T5	1,251	0,725	0,868	1,397	1,000	0,579	0,363
T6	1,427	3,012	1,732	2,166	1,726	1,000	1,084
T7	0,792	3,124	1,403	1,693	2,756	0,923	1,000

Tablo 5: Stok Yönetimi İkili Karşılaştırma Matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	1,000	0,925	0,950	1,649	0,759	1,934	2,079
T2	1,081	1,000	1,708	1,478	2,045	1,624	2,282
T3	1,053	0,585	1,000	1,673	0,907	2,023	1,409
T4	0,607	0,676	0,598	1,000	0,612	0,941	0,669
T5	1,318	0,489	1,102	1,635	1,000	2,476	1,120
T6	0,517	0,616	0,494	1,063	0,404	1,000	1,472
T7	0,481	0,438	0,710	1,495	0,893	0,679	1,000

Geometrik ortalamaları hesaplanarak oluşturulan ikili karar matrislerinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. İkili karşılaştırma matrislerine ait normalize matris sonuçları; taşımacılık yönetimi; Tablo 6, depo yönetimi; Tablo 7 ve stok yönetimi; Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 6: Taşımacılık Yönetimi İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	0,235	0,234	0,268	0,232	0,197	0,291	0,191
T2	0,190	0,189	0,172	0,217	0,191	0,164	0,203
T3	0,125	0,157	0,143	0,142	0,153	0,133	0,158
T4	0,103	0,088	0,102	0,102	0,151	0,095	0,078
T5	0,169	0,140	0,132	0,095	0,142	0,138	0,186
T6	0,083	0,119	0,111	0,110	0,106	0,103	0,106
T7	0,096	0,073	0,071	0,102	0,060	0,076	0,078

Tablo 7: Depo Yönetimi İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	0,131	0,128	0,082	0,116	0,084	0,153	0,237
T2	0,093	0,090	0,179	0,098	0,145	0,073	0,060
T3	0,200	0,063	0,125	0,117	0,121	0,126	0,134
T4	0,121	0,099	0,114	0,107	0,075	0,101	0,111
T5	0,164	0,065	0,109	0,149	0,105	0,127	0,068
T6	0,187	0,272	0,216	0,232	0,181	0,219	0,203
T7	0,104	0,282	0,175	0,181	0,289	0,202	0,188

Tablo 8: Stok Yönetimi İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	0,165	0,196	0,145	0,165	0,115	0,181	0,207
T2	0,178	0,211	0,260	0,148	0,309	0,152	0,228
T3	0,174	0,124	0,152	0,167	0,137	0,189	0,140
T4	0,100	0,143	0,091	0,100	0,092	0,088	0,067
T5	0,218	0,103	0,168	0,164	0,151	0,232	0,112
T6	0,085	0,130	0,075	0,106	0,061	0,094	0,147
T7	0,079	0,093	0,108	0,150	0,135	0,064	0,100

Teknolojilerin önem sırasını belirlemek için normalize matrislerin satırlarının aritmetik ortalaması hesaplanır.

Tablo 9: Lojistik Faaliyetlere Göre Teknolojilerin Ağırlık Puanı ve Önem Sırası

Teknoloji	Taşımacılık Yönetimi		Depo Yönetimi		Stok Yönetimi	
	Ağırlık puanı	Sıra	Ağırlık puanı	Sıra	Ağırlık puanı	Sıra
Nesnelerin İnterneti	0,235	1	0,133	3	0,168	2
Blok Zincir	0,190	2	0,105	6	0,212	1
Bulut Tabanlı Sistemler	0,144	3	0,127	4	0,155	4
Artırılmış Gerçekler	0,103	6	0,104	7	0,097	7
Büyük veri	0,143	4	0,112	5	0,164	3
Robotlar	0,106	5	0,216	1	0,100	6
Dijital İkiz	0,079	7	0,203	2	0,104	5

Tablo 9, lojistik faaliyetlere göre teknolojilerin önem sıralamasını göstermektedir. Taşımacılık yönetimi açısından en önemli akıllı lojistik teknolojisi nesnelerin interneti (0,235) olarak belirlenmiştir. Nesnelerin internetini sırasıyla; blok zincir (0,190), bulut tabanlı bilişim (0,144), büyük veri (0,143), robotlar (0,106), artırılmış gerçeklik (0,103) ve dijital ikiz (0,079) takip etmektedir. Taşımacılık yönetimi için en önemli teknoloji

nesnelerin interneti olurken, en az önem verilen teknoloji ise dijital ikiz olarak tespit edilmiştir. Depo yönetimi açısından robotlar (0,216) ve dijital ikiz (0,203) teknolojileri öne çıkmaktadır. Daha sonra sırasıyla, nesnelerin interneti (0,133), bulut tabanlı sistemler (0,127), büyük veri (0,112), blok zincir (0,105) ve artırılmış gerçeklik (0,104) gelmektedir. Stok yönetimi açısından blok zincir (0,212) en çok önem verilen teknolojiyken artırılmış gerçeklik ise en az önem verilen teknolojidir. Araştırma sonucunda, teknolojilerin önem sırası lojistik faaliyetler bazında farklılık gösterse de hiçbir faaliyet için belirli bir teknolojinin önemli bir ağırlığa sahip olmadığı gözlenmektedir.

4. Adım: Tablo 10, lojistik faaliyetler bazında teknolojilerin önem sırasının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiş seçimlerin tutarlılık sonuçlarını sunmaktadır. Uzmanların tüm ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık hesaplamaları ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve 0,10'dan küçük oldukları tespit edilmiştir. Aşağıda yer alan sonuçlar ikili matrislerin tüm tutarlılık oranlarının kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 10. Tutarlılık sonuçları

Faaliyet	λ_{max}	Tutarlılık indeksi	Tutarlılık oranı
Taşımacılık Yönetimi	7,074	0,012	0,009
Depo Yönetimi	7,292	0,048	0,037
Stok Yönetimi	7,198	0,033	0,025

SONUÇ VE TARTIŞMA

Lojistik süreçlerde doğru teknolojilerin kullanılması operasyonel süreçlerin arttırılmasına, maliyetlerin azaltılmasına, firmaların daha rekabetçi bir hale gelmesine ve sonuç olarak da müşteri memnuniyetinin sağlanmasına katkı sunabilir. Bu çalışmada, taşımacılık yönetimi, depo yönetimi ve stok yönetimi bağlamında akıllı lojistik teknolojilerinin önem sırası belirlenmiştir. Akıllı lojistik teknolojileri olarak 7 teknoloji seçilmiş ve 9 uzman katılımıyla ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması sağlanmıştır.

Nesnelerin interneti, Zhou vd. (2015)'e göre "*nesnelerin kablolu, kablosuz veya hibrit sistemler aracılığıyla bağlandığı, izlendiği ve optimize edildiği cihazlar veya sensörler bağlantılı dünya*" olarak tanımlanmıştır. Nesnelerin interneti, çalışma bulgularına göre, taşımacılık yönetiminde; birinci, stok yönetiminde; ikinci ve depo yönetiminde üçüncü önemli teknoloji olarak tespit edilmiştir. Nesnelerin interneti üç faaliyet içinde önemli katkılar

sağlamaktadır. Taşımacılık yönetimini daha verimli, uygun ve görünür hale dönüştürmektedir (Ding vd., 2021). Depo yönetiminde, nesnelere interneti sayesinde toplanan veriler, depolama operasyonu ve yönetimiyle ilgili zorlukların ortaya koyulmasını sağlamaktadır (Buntak vd., 2019). Çünkü depoların müşteri beklentilerine cevap verememesi, düşük operasyonel verimliliğe sahip geleneksel depo yönetiminden kaynaklanmaktadır (Lee vd., 2018). Ayrıca stok yönetiminde gerçek zamanlı doğru bilgiyi sağlaması nedeniyle önemli bir verimlilik sağlamaktadır. Wall-Mart oluşturmuş olduğu RFID programı sayesinde stoksuz kalma oranını yaklaşık üçte biri oranında azaltmıştır (Sun, 2012). Nesnelere interneti, diğer birçok teknolojinin de kullanılabilir hale gelmesinde gerekli bir teknolojidir. Ancak, nesnelere internetini kullanmanın önünde zorluklar bulunmaktadır. Bu durum; yüksek kurulum maliyeti, beceri eksikliği, bilgisayar korsanlığı korkusu ve siber saldırı maruz kalma riski gibi zorluklardan kaynaklanmaktadır (Farquharson vd., 2021). Bu nedenle, öncelikle belirtilen zorlukların azaltılması bu teknolojilerin hızını artırabilir. Ayrıca, KOBİ düzeyinde faaliyet gösteren firmalar, bu teknolojilerin işlevi ve faydaları konusunda yeterli bilgiye sahip olmayabilir. Bu nedenle, üniversite, KOSGEB, OSB'ler ve derneklerle iş birliğine gidilerek nesnelere internetinin tanıtımı yapılabilir.

Blok zincir, taşımacılık yönetiminde; ikinci, stok yönetiminde birinci ve depo yönetiminde altıncı sırada önemli görülmüştür. Blok zincir, yeni ortaya çıkan bir teknoloji olarak internet ortamında verileri güvenli bir şekilde depolayabileceğimiz tek bir merkezden yönetilmeyen dağıtılmış bir ağ üzerine oluşturulmuştur (Yi, 2021). Blok zincir teknoloji tedarik zincirlerinin daha entegre olmasında önemli bir fonksiyonu yerine getirmektedir. Blok zincir sayesinde tedarik zincirleri; akış içerisindeki üründen taşıma kabına kadar her türlü varlığı kayıt altına alabilmekte, fatura, sipariş makbuzu, ödeme vb. resmi dokümanları izleyebilmekte, fiziksel varlıklarla ilişkili sanal varlıkları bütünleşik ve eş zamanlı takip edebilmektedir (Tijan vd., 2019). Taşımacılık yönetimi açısından ürünün taşıma standartları ve menşei konusunda güvenli bilgiler sunması nedeniyle tedarikçiler arasındaki güven ilişkisini güçlendirir (Astarita vd., 2020). Ayrıca ürün gecikmelerinin önüne geçilmesi için tedarik zinciri üyeleri arasında entegrasyonu artırması nedeniyle blok zincir kullanılmaktadır (Omar vd., 2022). Buna rağmen, lojistik firmalarının önemli bir kısmı kayıt ve doğrulama işlemleri için operasyonel verimliliği düşük ve işlem maliyeti yüksek basılı evrakları kullanmaktadır (Chung, 2021). Çünkü, bazı dezavantajları nedeniyle blok zincir uygulaması aşamasında yavaş kabul gözlendirilmektedir. Özellikle, ölçeklenebilirlik, performans, enerji tüketim

miktarı, olgunlaşmamış teknolojiye sahip olması ve düzenleme eksikliği (Tijan vd., 2019) gibi sorunlar kullanıcılar açısından şüpheler oluşturmaktadır. Blok zincir teknolojisi ve ilişkili ekosistemin olgunlaşmasıyla birlikte teknolojinin sunmuş olduğu katkılar daha da artabilir.

Çalışma bulgularına göre, bulut bilişim sistemleri taşımacılık yönetimi açısından üçüncü, depolama ve stok yönetimi açısından ise dördüncü önemli teknolojidir. Bulut tabanlı sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri ve yapay zekâ gibi teknolojilerin ilerleme alanı bulabilmesi için katkı sunan ve çeşitli uygulamalara altyapı hizmeti veren bir teknolojidir (Ding vd., 2021). İnternetin ulaşılabilir bir hale gelmesiyle birlikte bir web tarayıcısından kurumsal kaynak planlaması, müşteri ilişkileri yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi gibi uygulamalar bulut bilişim hizmeti olarak erişilebilmektedir (Lee vd., 2016). Bu teknolojiyi kullanan firmalar bulut bilişimin üç temel faydasına ulaşarak daha esnek, daha verimli ve stratejik değerini yükseltmiş bir şekilde hizmet verebilmektedirler (Çelik, 2021). Bu teknoloji sayesinde birçok veri ve uygulama, tedarik zinciri paydaşları için istedikleri zaman bilgisayar, akıllı telefon veya tabletlerinden erişebilecekleri bir noktaya gelmiştir. Taşıma yönetimi, depo yönetimi ve stok yönetimi birçok maliyetli yazılımın satın alınmasına ihtiyaç duyulmadan bulut tabanlı sistemler üzerinden üyelik tabanlı hizmet alımlarıyla karşılanabilir. Ancak, benimsenmesinde, bulut sistemlerin karmaşıklığı, diğer teknolojilerle entegrasyonu, bakım sırasında ve beklenmedik anlarda oluşabilecek arızalar ve bu arızaların süresi şüphe oluşturmaktadır (Low vd., 2011). Firmalar hizmet kalitelerini ortaya koyarak ve süreçlerini daha güvenli hale getirerek bu teknolojinin tercih edilmesinde avantaj sağlayabilirler.

Artırılmış gerçeklik taşımacılık yönetimi için altıncı, depo yönetimi ve stok yönetimi için yedinci sırada yer almaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, sanal nesnelere (metin, video veya animasyonlu üç boyutlu modeller vb.) gerçek dünyanın üzerinde oluşturma imkanı vermektedir (Rejeb vd., 2021). Artırılmış gerçeklik teknolojisi sipariş seçimi ve görsel seçim operasyonları içerisinde depo yönetiminde ve navigasyon uygulamalarıyla taşımacılık yönetiminde kullanılmaktadır (De Silva ve Liyanage, 2019). Araştırma sonucunda önem sırasının düşük bulunmasının nedeni taşımacılık yönetiminde mevcut navigasyon imkanlarının yeterli çözüm sunması bu teknolojiye ihtiyacı azaltması olarak değerlendirilmektedir. Depo yönetimi açısından ise donanımsal ve yazılımsal zorluklar, kabul oranının düşük olması ve maliyet konusu teknolojinin uygulanmasında engeller oluşturmaktadır (Stoltz vd., 2017).

Büyük veri, stok yönetiminde üçüncü, taşımacılık yönetiminde dördüncü ve depo yönetiminde beşinci önemli teknolojidir. Büyük veri, çeşitli türlerdeki yüksek hacime sahip güncel veri işleme yaklaşımları veya yaygın bilinen veri işleme platformları kullanılarak işlenmesi güçleşen verilerdir (Chen ve Zhang, 2014). Lojistik, üretim, tedarik vb. alanlara göre veriye ihtiyaç duyulan başlıca alanlardan biridir (İyigün, 2019). Çünkü, rekabette ayakta kalabilmek için büyük veriye sahip olmak ve bu veriyi faydalı bir şekilde değerlendirmek gerekmektedir. Taşımacılık yönetiminde büyük verinin kullanımı konusunda geliştirilmiş bilgi eksikliğine rağmen olumlu bir bakış açısı bulunmaktadır (Dong vd., 2021). Stok yönetiminde de büyük veri kullanımı yüksek katkı sunmaktadır (Khurana ve Kumar, 2017). Küçük ölçekli firmaların bu faydaları elde edebilmesi için öncelikle büyük veriyi elde etmeyi sağlayan teknolojileri kullanmaya başlamaları ve bu teknolojiler sonucunda üretilen büyük veriyi nasıl faydalı bir hale getirecekleri üzerine odaklanmaları gerekmektedir.

Robotlar, taşımacılık yönetimi açısından beşinci, stok yönetimi açısından altıncı ve depo yönetimi açısından birinci önemli teknoloji olarak değerlendirilmiştir. Robotlar, farklı lojistik faaliyetlerde farklı otonom düzeylerinde kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, Boston Dynamics'in ürettiği Stretch robotu, 23 kg'ye kadar olan kutuları saatte 800 kutu hızında 16 saat boyunca bir konveyör bandına aktararak kamyon yüklemesi gerçekleştirebilmektedir. Yeni nesil robotlar, çalışanların görevlerini yerine getirebilecek zeka ve esneklikle depolarda kullanılmaya başlamışlardır (Ackerman, 2022). Robotların kullanımı, işçi, enerji ve sistem bakım maliyetlerini azaltırken verimliliğini de arttırmaktadır (Karabegović vd., 2015). Ayrıca, operasyon süreçlerinde hataları azaltması bu teknolojinin önemini ortaya koymaktadır (Aylak vd., 2020). Depolarda robot kullanım eğiliminin önümüzdeki yıllarda da artarak devam etmesi beklenmektedir. ABI Research'e göre 2050 yılında elli bin depoda dört milyon yeni robotun kullanılacağı tahmin edilmektedir (Bogue, 2022). Bu nedenle, insandan robota geçiş dönemi veya insan robot etkileşimi konularında planlamalar yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Dijital ikiz, taşımacılık yönetiminde yedinci, stok yönetiminde beşinci ve depo yönetiminde ikinci önemli teknoloji olarak belirlenmiştir. Dijital ikiz teknolojisi fiziki olarak gerçekleştirilen operasyon süreçlerinin sanallaştırılmış hallerinin oluşmasını sağlamaktadır. Dijital ikiz üretimi durdurmadan verimli bir şekilde üretimi sağlayarak, gereksiz stok ve siparişleri azaltarak stok ve tedarik gibi lojistik süreçlerinin planlanması ve optimizasyonunu destekleyen

bir teknolojidir (Figueiras vd., 2021). Bu teknolojiden, depo yönetim süreçlerini daha verimli bir hale dönüştürmek için yararlanılabilir (Braglia vd., 2019). Ayrıca lojistik yönetim süreçlerinde karar verme aşamasına yardımcı olmaktadır. Önemli kararların yönetiminde riskin daha düşük seviyelere indirilmesi veya değerlendirilmesine katkı sunmaktadır (Piancastelli ve Tucci, 2020). Buna rağmen her akıllı lojistik teknolojisinde olduğu gibi dijital ikiz teknolojisinin uygulamasında da birçok zorluk bulunmaktadır. Yeni teknoloji benimsenmesi, değişim dönemindeki kurumun liderlik ihtiyacı, doğru bilgi modellerinin oluşturulmaması ve teknolojiyle ilişkili maliyetler bu teknolojiyle ilgili dezavantajları oluşturmaktadır (Blomkvist ve Loenbom, 2020).

Bu çalışmanın dört sınırlılığı bulunmaktadır. İlk olarak, uzmanların faaliyet bazında teknolojiyi değerlendirme aşamasında kriterler sunulmamıştır. Bu nedenle uzmanların hangi kriterleri önceliklendirerek bu teknolojileri daha önemli gördüğü bilinmemektedir. İkinci olarak, tüm uzman görüşleri eşit ağırlıkta kabul edilmiştir. Ancak, uzmanların akıllı lojistikle ilgili bilgileri ve deneyimleri farklılık gösterebilir. Üçüncü olarak, önceliklendirme çalışması spesifik bir sektörü veya firma ölçeğini dikkate alarak gerçekleştirilmemiştir. Teknolojilerin önemi sektöre veya firma ölçeğine göre farklılaşabilir. Son olarak, bu çalışmada yedi teknoloji kullanılmıştır. Diğer yandan, farklı teknolojiler de akıllı lojistik kapsamında değerlendirilmekte ve uygulama alanı bulmaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda kriterler ve alt kriterler oluşturularak faaliyetler değerlendirilebilir, farklı kriterler eklenebilir, belirli bir sektör veya firma büyüklüğü dikkate alınabilir veya uzmanların deneyim sürelerine göre bir ağırlıklandırma oluşturularak hesaplama gerçekleştirilebilir. Ayrıca, akıllı lojistik teknolojileri birbirleriyle ilişkili oldukları için birbirleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla DEMATEL yöntemi eklenerek çalışma genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- Ackerman, E. (2022). A Robot for the Worst Job in the Warehouse: Boston Dynamics' Stretch can move 800 heavy boxes per hour. *Spectrum*, 59(1), 50–51. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2022.9676361>
- Akben, İ. ve Avşar, İ. İ. (2017). Dijital Tedarik Zinciri ve Bulut Bilişim Digital Supply Chain and Cloud Computing. *El-Ruha*, 104.
- Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), 19–27. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00038-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1)
- Astarita, V., Giofrè, V. P., Mirabelli, G. ve Solina, V. (2020). A Review of Blockchain-Based Systems in Transportation. *Information*, 11(1), 21. <https://doi.org/10.3390/info1101002>
- Aylak, B. L., Kayıkcı, Y. ve Taş, M. A. (2020). Türkiye' de Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin Dijital Trendlerinin İncelenmesi. *Journal of Yasar University*, 15(57), 98-116 <https://doi.org/10.19168/jyasar.569599>
- Azimifard, A., Moosavirad, S. H. ve Ariaifar, S. (2018). Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods. *Resources Policy*, 57, 30–44. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.01.002>
- Blomkvist, Y. ve Loenbom, L. U. (2020). *Improving supply chain visibility within logistics by implementing a Digital Twin* (Master of Science Thesis). KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Bogue, R. (2022). Warehouse robot market boosted by Covid pandemic and technological innovations. *Industrial Robot: The International Journal of Robotics Research and Application*, 49(2), 181–186. <https://doi.org/10.1108/IR-11-2021-0270>
- Braglia, M., Gabbrielli, R., Frosolini, M., Marrazzini, L. ve Padellini, L. (2019, Eylül). Using RFID technology and Discrete-Events, Agent-Based simulation tools to build Digital-Twins of large warehouses. In 2019 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA) (pp. 464-469). :IEEE. Piscataway, NJ. <https://doi.org/10.1109/RFID-TA.2019.8892254>
- Buntak, K., Kovačić, M. ve Mutavdžija, M. (2019). Internet of things and smart warehouses as the future of logistics. *Technical Journal*, 13(3), 248–253. <https://doi.org/10.31803/tg-20190215200430>

- Büyüközkan, G. ve Güler, M. (2019). Lojistik 4.0 teknolojilerinin analizi için metodolojik yaklaşım. *Girişimcilik Ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 8(1), 21–47.
- Cano, J. A., Gómez-Montoya, R. A., Salazar, F. ve Cortés, P. (2021). Disruptive and Conventional Technologies for the Support of Logistics Processes: A Literature Review. *International Journal of Technology*, 12(3), 448. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i3.4280>
- Ceylan, Z. ve Gürsev, S. (2020). AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Bilgi Teknolojileri Projelerinde Scrum-Kanban-Şelale Uygulamaları Karşılaştırması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(3), 329–339. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.672234>
- Çelik, K. (2021). Bulut Bilişimde Temel Konular. *Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 5(2), 236-250.
- Chan, C., Liu, O. ve Szeto, R. (2017). Developing Information Sharing Model Using Cloud Computing and Smart Devices for SMEs Supply Chain. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, 10(3), 44–64. <https://doi.org/10.4018/IJISSCM.2017070103>
- Chen, C.P. ve Zhang, C. Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Information Sciences*, 275, 314–347. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.01.015>
- Chung, S. H. (2021). Applications of smart technologies in logistics and transport: A review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 153, 102455. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102455>
- Cirulis, A. ve Ginters, E. (2013). Augmented Reality in Logistics. *Procedia Computer Science*, 26, 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.12.003>
- Çatalbaş, N. (2017). Lojistik Ekonomisi. In M. Nalçakan ve F. Er (Eds.), *Lojistik ilkeleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- De Silva, P. ve Liyanage, H. (Eds.) (2019, Temmuz 3-5). Augmented Reality in Warehouse Operations: Possibilities and Dynamics in Sri Lankan Context: *Book of conference proceedings : 5th International Multidisciplinary Engineering Research Conference, University of Moratuwa, Sri Lanka*. Piscataway, NJ: IEEE: <https://doi.org/10.1109/MERCon.2019.8818928>
- Ding, Y., Jin, M., Li, S. ve Feng, D. (2021). Smart logistics based on the internet of things technology: an overview. *International Journal of*

- Logistics Research and Applications*, 24(4), 323–345.
<https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1757053>
- Dobrovnik, M., Herold, D., Fürst, E. ve Kummer, S. (2018). Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start. *Logistics*, 2(3), 18. <https://doi.org/10.3390/logistics2030018>
- Dong, C., Akram, A., Andersson, D., Arnäs, P. O. ve Stefansson, G. (2021). The impact of emerging and disruptive technologies on freight transportation in the digital era: current state and future trends. *The International Journal of Logistics Management*, 32(2), 386–412. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2020-0043>
- Efthymiou, O. K. ve Ponis, S. T. (2021). Industry 4.0 Technologies and Their Impact in Contemporary Logistics: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(21), 11643. <https://doi.org/10.3390/su132111643>
- Eryuruk, S. H., Kaloglu, F. ve Baskak, M. (2013). Comparison of logistics and clothing sectors for a logistics center site selection using AHP. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2(98), 13–18.
- Farquharson, N., Mageto, J. ve Makan, H. (2021). Effect of internet of things on road freight industry. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 15(0), 1–11. <https://doi.org/10.4102/jtscm.v15i0.581>
- Figueiras, P., Lourenco, L., Costa, R., Graca, D., Garcia, G. ve Jardim-Goncalves, R. (Eds.) (2021). *Big Data Provision for Digital Twins in Industry 4.0 Logistics Processes*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/MetroInd4.0IoT51437.2021.9488507>
- Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A. ve Ouajji, H. (2021). Toward Smart Logistics: Engineering Insights and Emerging Trends. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28(4), 3183–3210. <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09494-2>
- İyigün, İ. (2019). Lojistik ve Tedarik Zinciri Süreçlerinde Büyük Veri Kullanımı ve Etkilerinin Analizi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 7, 95-103. <https://doi.org/10.18506/anemon.576185>
- Karabegović, I., Karabegović, E., Mahmić, M. ve Husak, E. (2015). The application of service robots for logistics in manufacturing processes. *Advances in Production Engineering & Management*, 10(4), 185–194. <https://doi.org/10.14743/apem2015.4.201>
- Khurana, M. ve Kumar, D. (2017, Aralık). The study of data analytics in inventory management. In *2017 International Conference on Infocom Technologies and Unmanned Systems (Trends and Future Directions)*

- (ICTUS) (pp. 140-144). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICTUS.2017.8285993>
- Kumru, M. ve Kumru, P. Y. (2013). Analytic hierarchy process application in selecting the mode of transport for a logistics company. *Journal of Advanced Transportation*, 48(8), 974–999. <https://doi.org/10.1002/atr.1240>
- Lee, C. K. H., Choy, K. L., Ho, G. T. S. ve Lin, C. (2016). A cloud-based responsive replenishment system in a franchise business model using a fuzzy logic approach. *Expert Systems*, 33(1), 14–29. <https://doi.org/10.1111/exsy.12117>
- Lee, C., Lv, Y., Ng, K., Ho, W. ve Choy, K. L. (2018). Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2753–2768. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1394592>
- Low, C., Chen, Y. ve Wu, M. (2011). Understanding the determinants of cloud computing adoption. *Industrial Management & Data Systems*, 111(7), 1006–1023. <https://doi.org/10.1108/02635571111161262>
- Mungla, B. O. (2019). *Robotic process automation for inventory control and management: a case of Freight Forwarders Solutions* (Master of Science). Strathmore University., Nairobi, Kenya.
- Omar, I. A., Jayaraman, R., Debe, M. S., Hasan, H. R., Salah, K. ve Omar, M. (2022). Supply Chain Inventory Sharing Using Ethereum Blockchain and Smart Contracts. *IEEE Access*, 10, 2345–2356. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139829>
- Özbek, A. (2019). *Çok kriterleri karar verme yöntemleri ve Excel ile problem çözüümü*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Piancastelli, C. ve Tucci, M. (2020). The Role of Digital Twins in the Fulfilment Logistics Chain. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 10574–10578. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2807>
- Rajak, M. ve Shaw, K. (2019). Evaluation and selection of mobile health (mHealth) applications using AHP and fuzzy TOPSIS. *Technology in Society*, 59, 101186. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101186>
- Rejeb, A., Keogh, J. G., Leong, G. K. ve Treiblmaier, H. (2021). Potentials and challenges of augmented reality smart glasses in logistics and supply chain management: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3747–3776. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1876942>

- Rodrigue, J. P. (2022). Global Logistics Costs by Function and Mode, 2018. <https://transportgeography.org/contents/chapter7/logistics-freight-distribution/global-logistics-costs-function/>
- Roh, S., Jang, H. ve Han, C. (2013). Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29(1), 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2013.05.006>
- Routroy, S. (2009). Selection of third party logistics provider in supply chain. *International Journal of Services Technology and Management*, 12(1), 23–34.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill. New York, 324.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–97.
- Skjoett-Larsen, T. (2000). Third party logistics – from an interorganizational point of view. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30(2), 112–127. <https://doi.org/10.1108/09600030010318838>
- Solangi, Y., Tan, Q., Khan, M., Mirjat, N. ve Ahmed, I. (2018). The Selection of Wind Power Project Location in the Southeastern Corridor of Pakistan: A Factor Analysis, AHP, and Fuzzy-TOPSIS Application. *Energies*, 11(8), 1940. <https://doi.org/10.3390/en11081940>
- Stoltz, M.-H., Giannikas, V., McFarlane, D., Strachan, J., Um, J. ve Srinivasan, R. (2017). Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12979–12984. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1807>
- Sun, C. (2012). Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things. *AASRI Procedia*, 1, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.aasri.2012.06.019>
- Sun, X., Yu, H., Solvang, W. D., Wang, Y. ve Wang, K. (2021). The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: A systematic literature review (2012-2020) to explore future research opportunities. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(7), 9560–9591. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17693-y>
- Tijan, E., Aksentijević, S., Ivanić, K. ve Jardas, M. (2019). Blockchain Technology Implementation in Logistics. *Sustainability*, 11(4), 1185. <https://doi.org/10.3390/su11041185>

- Tiwari, S., Wee, H. M. ve Daryanto, Y. (2018). Big data analytics in supply chain management between 2010 and 2016: Insights to industries. *Computers & Industrial Engineering*, 115, 319–330. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.017>
- Triantaphyllou, E. ve Mann, S. H. (1995). Using the analytic Hierarchy process for decision making in engineering applications: Some challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2(1), 35–44.
- Tsertou, A., Amditis, A., Latsa, E., Kanellopoulos, I. ve Kotras, M. (2016). Dynamic and Synchronodal Container Consolidation: The Cloud Computing Enabler. *Transportation Research Procedia*, 14, 2805–2813. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.345>
- Winkelhaus, S. ve Grosse, E. H. (2019). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>
- Yang, Y.-C. ve Chen, S.-L. (2016). Determinants of global logistics hub ports: Comparison of the port development policies of Taiwan, Korea, and Japan. *Transport Policy*, 45, 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.10.005>
- Yangınlar, G. (2020). Lojistik üslerde lojistik 4.0'ın stratejik rolü: Trendler ve gelecekteki perspektif. Öz, S., Onursal, F.S. & Terzioğlu, C. (Eds.), *Sektörlerin ve mesleklerin geleceği (415-433)*. Hiper yayın.
- Yi, H. (2021). A secure logistics model based on blockchain. *Enterprise Information Systems*, 15(7), 1002–1018. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1696988>
- Zhou, L., Chong, A. Y., ve Ngai, E. W. (2015). Supply chain management in the era of the internet of things. *International Journal of Production Economics*, 159, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.014>

