

## Sağlık Tedarik Zincirinde Makine Öğrenimi/Yapay Zekanın Etkisinin Değerlendirilmesi - Bir SWOT Perspektifi

Ertuğrul Ayyıldız<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Endüstri Mühendisliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye

\*(ertugrulayyildiz@ktu.edu.tr)

**Özet** – Bu çalışma, makine öğrenimi/yapay zekanın (ML/AI) sağlık tedarik zincirine entegrasyonu ile ilgili potansiyel faydalar, zorluklar ve stratejik hususların kapsamlı bir analizini sunmaktadır. Sağlık sistemlerinin artan karmaşıklığı ve talepleriyle birlikte, ML/AI teknolojilerinden yararlanmak, tedarik zinciri operasyonlarını optimize etmek ve hasta sonuçlarını iyileştirmek için umut verici bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, bir SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) çerçevesi kullanarak, sağlık tedarik zincirindeki makine ML/AI uygulamalarının mevcut durumunu değerlendirmektedir. Bu araştırma, sağlam veri yönetimi uygulamalarına, etik çerçevelere, mevzuata uygunluğa ve beceri gelişimine yatırma duyulan ihtiyacı vurgulayarak başarılı bir uygulama için gerekli stratejik hususlar hakkında fikir vermektedir. Güçlü yönlerin kullanılması, fırsatlardan yararlanılması ve zayıf yönler ile tehditlerin ele alınmasıyla ML/AI entegrasyonu, sağlık tedarik zincirinde devrim yaratma ve nihayetinde hasta bakımını iyileştirme potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler** – Yapay Zeka; Makine Öğrenmesi; Sağlık Tedarik Zinciri; SWOT

### I. GİRİŞ

Sağlık tedarik zinciri, sağlık hizmetleri ürün ve hizmetlerinin hastalara zamanında ve verimli bir şekilde ulaştırılmasında hayati bir rol oynar [1]. Tedarik, envanter yönetimi, depolama, nakliye ve dağıtım gibi karmaşık süreçler tedarik zincirini ilgilendirir [2]. Sağlık tedarik zinciri, optimum işleyişini engelleyen çok sayıda zorlukla karşı karşıyadır [3]. Temel zorluklardan biri, sağlık hizmeti taleplerinin öngörülemez doğasıdır [4]; bu da hastaların ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının değişen ihtiyaçlarını doğru bir şekilde tahmin etmeyi ve karşılamayı zorlaştırır. Buna ek olarak, sağlık tedarik zinciri ürün kıtlığı, tedarik zinciri darboğazları ve lojistik sorunlar gibi aksaklıklara karşı hassastır ve bu da kritik sağlık malzemelerinin tesliminde gecikmelere yol açabilir [5]. Ayrıca, tedarik zincirindeki manuel ve geleneksel kağıt tabanlı süreçler verimsizliğe, hatalara ve envanter seviyelerine ilişkin gerçek zamanlı görünürlük eksikliğine neden olur. Bu zorluklar, sağlık tedarik zincirinin verimliliğini ve esnekliğini artırmak için yenilikçi çözümlere duyulan acil ihtiyacı

vurgulamaktadır. Makine öğrenimi/yapay zeka (ML/AI) teknolojilerinin uygulanması, bu zorlukların üstesinden gelme ve sağlık ürünlerinin tedarik edilme, yönetilme ve dağıtılma biçiminde devrim yaratma konusunda büyük umut vaat etmektedir.

ML/AI, sağlık tedarik zincirinin verimliliğinin ve dayanıklılığının artırılmasında büyük öneme sahiptir [6]. ML/AI teknolojileri manuel süreçleri otomatikleştirme, karar verme sürecini optimize etme ve gerçek zamanlı veri odaklı içgörülerini mümkün kılma potansiyeline sahiptir [7]. ML/AI algoritmalarından yararlanarak, sağlık kuruluşları tahmin doğruluğunu artırabilir, bu da daha iyi envanter yönetimi ve daha az israf sağlar [8]. ML/AI ayrıca tahmine dayalı analitiği mümkün kılarak potansiyel tedarik zinciri aksaklıklarının proaktif olarak belirlenmesine ve zamanında hafifletme stratejilerine olanak tanıyabilir [9]. Ayrıca ML/AI, büyük ve çeşitli veri kümelerinin entegrasyonunu ve analizini kolaylaştırarak hasta ihtiyaçları, ürün kalitesi ve tedarik zinciri performansı hakkında

değerli içgörüler sağlar. Sağlık tedarik zincirindeki bu gelişmiş verimlilik ve esneklik, hasta bakımının iyileştirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi ve genel operasyonel etkinliğin artırılmasıyla sonuçlanır [10]. ML/AI, sağlık kuruluşlarını veriye dayalı kararlar alma, süreçleri kolaylaştırma ve gelişen pazar taleplerine etkili bir şekilde yanıt verme konusunda güçlendirerek sağlık tedarik zincirini daha çevik, verimli ve hasta merkezli bir ekosisteme dönüştürür.

Bu çalışmanın amacı, ML/AI'nin sağlık tedarik zinciri üzerindeki etkisini ve tedarik zincirinin dayanıklılığı artırmaya yönelik sonuçlarını kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir. Çalışma, bu bağlamda ML/AI uygulamasıyla ilişkili güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler (SWOT) hakkında bütünsel bir anlayış sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışma, kapsamlı bir analiz yaparak ML/AI entegrasyonunun potansiyel faydalarını ve zorluklarını belirlemeyi ve sağlık kuruluşları ve tedarik zinciri uzmanları için stratejik hususları vurgulamayı amaçlamaktadır. Araştırma hedefleri arasında sağlık hizmetleri tedarik zincirinde makine öğrenimi/araştırma uygulamalarının mevcut durumunun incelenmesi, temel tedarik zinciri süreçleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve makine öğrenimi/araştırmanın hasta sonuçlarının, maliyet etkinliğinin ve operasyonel performansın iyileştirilmesine nasıl katkıda bulunabileceğinin araştırılması yer almaktadır. Nihayetinde bu çalışma, karar vericilere sağlık hizmetleri tedarik zincirinde makine öğrenimi ve yapay zekanın potansiyelinden etkin bir şekilde yararlanmaları ve esnek ve verimli bir sağlık hizmeti sunum sistemini teşvik etmeleri için rehberlik ederek alana değerli bilgiler katmayı amaçlamaktadır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan araştırma tasarımı, ML/AI sağlık tedarik zincirindeki etkisinin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlamak için nitel ve nicel yaklaşımların bir kombinasyonudur. Karma yöntem yaklaşımı, ML/AI teknolojilerinin entegrasyonunda yer alan karmaşık olguların daha incelikli bir şekilde anlaşılmasına olanak tanımaktadır.

Başlangıç olarak, sağlık tedarik zincirinde ML/AI uygulamaları ile ilgili mevcut literatür ve akademik

yayımların kapsamlı bir incelemesi yapılmıştır. Bu literatür taraması, alandaki temel temaları, bilgi boşluklarını ve araştırma fırsatlarını belirlemek için temel oluşturmuştur. Sağlık tedarik zincirinde makine öğrenimi/araştırma teknolojilerinin benimsenmesinin mevcut durumuna ilişkin değerli bilgiler sağlamış ve sonraki veri toplama ve analiz süreçlerine ışık tutmuştur.

Çalışmanın nitel aşaması, tedarik zinciri yöneticileri, sağlık hizmeti sağlayıcıları ve ML/AI uzmanları dahil olmak üzere kilit paydaşlarla derinlemesine görüşmeler içermektedir. Bu nitel veri toplama yöntemleri, ML/AI entegrasyonu ile ilgili zorlukların, fırsatların ve etik hususların daha derinlemesine araştırılmasına olanak sağlamıştır. Nitel yaklaşımı tamamlayıcı olarak, çalışmada nicel veri toplama yöntemleri de kullanılmıştır. Anketler, sağlık sektöründe yer alan sağlık kuruluşları ve tedarik zinciri profesyonellerinden oluşan temsili bir örnekleme dağıtılmıştır. Anketler, ML/AI teknolojilerinin sağlık tedarik zincirindeki mevcut kullanımı, algılanan faydaları ve uygulama sırasında karşılaşılan zorluklarla ilgili nicel verileri toplamaya odaklanmıştır.

Karma yöntemli bir araştırma tasarımı benimseyen bu çalışma, konuya bütüncül bir bakış açısı kazandırmak için hem nitel içgörülerini hem de nicel verileri bir araya getirerek ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki etkisinin kapsamlı ve incelikli bir şekilde anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki etkisinin kapsamlı ve sağlam bir analizini sağlamaktadır. Nitel ve nicel verilerin entegrasyonu, gerçek yaşam deneyimlerini ve uzman görüşlerini bir araya getirerek konunun bütünsel bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır.

### A. SWOT Analizi

SWOT analizi, bir kuruluşun veya belirli bir ilgi alanının iç güçlü ve zayıf yönlerinin yanı sıra karşı karşıya olduğu dış fırsatları ve tehditleri değerlendirmek için kullanılan stratejik bir planlama aracıdır [11]. Bir projenin, girişimin veya işin başarısını veya başarısızlığını etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi için yapılandırılmış bir çerçeve sağlar [12].

Bu çalışma kapsamında SWOT analizi, makine öğrenimi/yapay zekanın (ML/AI) sağlık tedarik

zincirindeki etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. ML/AI entegrasyonu ile ilişkili güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri sistematik olarak inceleyen çalışma, ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki mevcut durumu ve potansiyel etkileri hakkında kapsamlı bir anlayış kazanmayı amaçlamıştır.

Bu çalışmada SWOT analizini kullanma motivasyonu birkaç temel nedenden kaynaklanmaktadır. İlk olarak, hem iç hem de dış faktörlerin yapılandırılmış bir değerlendirmesine olanak tanıyarak konuya bütüncül bir bakış açısı sağlamaktadır. Bu yaklaşım, ML/AI entegrasyonunun avantaj ve zorluklarının yanı sıra sağlık sektöründeki potansiyel fırsat ve tehditlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

İkinci olarak, SWOT analizi stratejik karar alma sürecine yardımcı olur. Sağlık kuruluşları, güçlü yönlerini ve fırsatları belirleyerek verimliliklerini artırmak, hasta sonuçlarını iyileştirmek ve tedarik zinciri süreçlerini optimize etmek için makine öğrenimi ve yapay zekadan yararlanabilir. Benzer şekilde, zayıflıkların ve tehditlerin anlaşılması, paydaşların riskleri azaltmak ve uygulama zorluklarını etkili bir şekilde ele almak için stratejiler geliştirmelerine olanak tanır.

Son olarak, SWOT analizi araştırmaya sistematik bir yaklaşım getirerek sağlık tedarik zincirinde ML/AI'nin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Analizin yapılandırılmasına, ilgili verilerin toplanmasına ve bulguların, çalışmanın sonuçlarının ve tavsiyelerinin açık ve öz bir şekilde iletilmesini kolaylaştıracak şekilde düzenlenmesine yardımcı olur.

Genel olarak, bu çalışmada SWOT analizinin kullanılması, sağlık tedarik zincirinde makine öğrenimi ve iletişim teknolojilerinin mevcut durumunu ve gelecekteki beklentilerini değerlendirmek için bir çerçeve sunmakta, paydaşlara bilinçli kararlar vermede ve başarılı entegrasyon ve uygulama için etkili stratejiler formüle etmede rehberlik etmektedir.

### III. SAĞLIK TEDARİK ZİNCİRİNDE ML/AI İÇİN SWOT ANALİZİ

Sağlık tedarik zincirinde makine öğrenimi/yapay zeka (ML/AI) uygulaması, sağlık ürünlerinin tedarik edilme, yönetilme ve dağıtılma biçiminde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki mevcut durumu ve potansiyel etkileri hakkında kapsamlı bir anlayış kazanmak için bir SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) analizi yapılmıştır. Bu bölüm, SWOT analizinin bulgularını sunmakta ve ML/AI entegrasyonu ile ilişkili iç güçlü ve zayıf yönlerin yanı sıra dış fırsat ve tehditlerin ayrıntılı bir incelemesini sağlamaktadır.

ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki güçlü yönleri, otomasyon, talep tahmini için tahmine dayalı analitik, envanter ve lojistiğin gerçek zamanlı takibi ve kalite kontrol önlemleri yoluyla verimliliği artırma yeteneğinde yatmaktadır. Bu güçlü yönler tedarik zinciri süreçlerini kolaylaştırma, israfı azaltma ve genel operasyonel etkinliği artırma potansiyeline sahiptir.

Ancak sağlık tedarik zincirinde ML/AI entegrasyonu bazı zayıflıklarla da karşı karşıyadır. Veri kalitesi ve erişilebilirliği ile ilgili zorluklar, etik kaygılar ve gizlilik sorunları ve uygulamanın karmaşıklığı, başarılı bir şekilde benimsenmesinin önünde önemli engeller oluşturmaktadır.

Zorluklara rağmen, ML/AI sağlık tedarik zincirinde çok sayıda fırsat sunmaktadır. Talep tahmini doğruluğunu artırabilir, tedarik zinciri operasyonlarını optimize edebilir, kişiselleştirilmiş tıbbi mümkün kılabilir ve kesintiler ve geri çağırımlarla ilişkili riskleri azaltabilir.

Fırsatların yanı sıra, ele alınması gereken tehditler de vardır. Düzenleyici zorluklar, makine öğrenimi/araştırma uzmanlığındaki beceri açığı ve paydaşlar arasında değişime karşı direnç, makine öğrenimi/araştırmanın sağlık tedarik zincirinde etkili bir şekilde uygulanmasını engelleyebilir.

Bu çalışma, bir SWOT analizi yaparak ML/AI entegrasyonunu etkileyen iç ve dış faktörlerin kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktadır. Bulgular, sağlık tedarik zincirinde makine öğrenimi ve yapay zeka ile ilişkili potansiyel faydalara,

zorluklara ve stratejik hususlara ışık tutmaktadır. Bu içgörüler, sağlık kuruluşlarına, politika yapıcılara ve tedarik zinciri profesyonellerine ML/AI'nin potansiyelinden etkin bir şekilde yararlanma ve sağlık tedarik zincirinde başarılı bir uygulama için zorlukları ele alma konusunda rehberlik edebilir.

#### A. SWOT Analizi Uygulaması

Bu bölüm, sağlık tedarik zincirinde ML/AI konusunda bir SWOT analizi yapılmasına odaklanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yaklaşımın ayrıntılı bir açıklaması verilmiştir. Değerlendirme, bu teknolojiyle ilişkili belirli güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri belirlemeyi amaçlayarak, sağlık tedarik zincirinde makine öğrenimi/yapay zeka entegrasyonunun durumunun değerlendirilmesiyle başlamaktadır.

Uzman görüşlerini toplamak için, çalışmanın yürütülmesinin bir parçası olarak üç kilit paydaşla görüşülmüştür. Uzmanlardan ikisi, farklı üniversitelerden gelen, sağlık hizmetleri ve makine öğrenimi/araştırma alanında uzmanlaşmış akademisyenlerdir; üçüncü uzman ise makine öğrenimi/araştırma teknolojilerini uygulama deneyimi olan bir sağlık kuruluşunda yöneticidir. Sırasıyla E-1, E-2 ve E-3 olarak adlandırılan bu uzmanlarla, ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki güçlü ve zayıf yönlerinin yanı sıra sektörün karşı karşıya olduğu fırsat ve tehditleri değerlendirmek üzere ayrı ayrı görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmelerden elde edilen bilgiler SWOT matrisinin temelini oluşturmuştur.

Uzmanlardan gelen girdilerin karşılaştırılması ve sentezlenmesiyle, her bir ana faktör için altı kriteri vurgulayan konsolide bir SWOT matrisi oluşturulmuştur. Bu kriterler uzmanların yorumlarından ve mevcut literatürden elde edilen bulgulardan türetilmiştir. Ortaya çıkan SWOT matrisi, değerlendirme için ana çerçeveyi oluşturmuş ve ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki mevcut durumu ve potansiyel etkileri hakkında içgörü sağlamıştır.

Sonuç olarak, uzman görüşmeleri ve ilgili literatüre dayalı olarak iki seviyeli bir kriter çerçevesi geliştirilmiştir. Çerçevenin ilk seviyesi dört ana kriterden oluşmaktadır: güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler. SWOT analizi, hem birincil hem de ikincil kriterleri kullanarak

ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki potansiyelini değerlendirmektedir. Bu çalışmada kullanılan kriterlerin kapsamlı bir listesi, ML/AI'nin sağlık tedarik zinciri üzerindeki etkisinin kapsamlı bir analizini kolaylaştıran bir biçimde Şekil 1'de sunulmaktadır. Bu metodoloji, ML/AI'nin sağlık sektöründe benimsenmesinin büyümesi ve etkileri hakkında değerli bilgiler sunmaktadır.



Şekil 1. SWOT analizi

#### B. SWOT Bileşenleri

##### Güçlü yönler:

- Verimlilik: ML/AI, çeşitli tedarik zinciri süreçlerini otomatikleştirip optimize ederek manuel çabayı azaltabilir ve genel verimliliği artırabilir [13].
- Tahmine Dayalı Analitik: ML/AI algoritmaları geçmiş verileri analiz edebilir ve talep, envanter seviyeleri ve tedarik zinciri aksaklıkları ile ilgili doğru tahminlerde bulunabilir [14], [15].
- Gerçek Zamanlı Takip: ML/AI, envanterin, sevkiyatların ve lojistiğin gerçek zamanlı takibini sağlayarak tedarik zincirinde daha iyi görünürlük ve yanıt verebilirlik sağlar [6].
- Kalite Kontrol: ML/AI algoritmaları tedarik zincirindeki potansiyel kalite sorunlarını tespit ederek ürün kalitesini ve hasta güvenliğini sağlamak için proaktif önlemler alınmasını sağlayabilir [16].

##### Zayıf Yönler:

- Veri Kalitesi ve Erişilebilirlik: ML/AI büyük ölçüde yüksek kaliteli verilere dayanır ve bu veriler sağlık tedarik zincirinde parçalı veya sınırlı olabilir.

Çeşitli paydaşlardan ilgili verilere erişmek zor olabilir [17].

- Etik Kaygılar: ML/AI kullanımı, hasta verileriyle ilgili gizlilik endişeleri ve algoritmik karar vermede potansiyel önyargı gibi etik soruları gündeme getirmektedir[17].
- Uygulama Karmaşıklığı: ML/AI'yi mevcut tedarik zinciri sistemlerine ve süreçlerine entegre etmek karmaşık olabilir ve altyapı, uzmanlık ve değişim yönetimi için önemli yatırımlar gerektirir [18].

#### Fırsatlar:

- Talep Tahmini: ML/AI, talep tahmini doğruluğunu artırarak daha iyi envanter yönetimi, daha az israf ve maliyet tasarrufu sağlayabilir [19].
- Tedarik Zinciri Optimizasyonu: ML/AI rotalama, programlama ve dağıtım kararlarını optimize ederek teslimat hızının artmasını, maliyetlerin düşmesini ve müşteri memnuniyetinin artmasını sağlayabilir [20].
- Kişiselleştirilmiş Tıp: ML/AI, hasta verilerini analiz ederek ve tedarik zinciri süreçlerini bireysel hasta ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlayarak kişiselleştirilmiş tıbbi mümkün kılabilir [21].
- Risk Azaltma: ML/AI, ürün geri çağırımları, sahte ilaçlar ve doğal afetler veya pandemilerden kaynaklanan aksaklıklar gibi tedarik zincirindeki riskleri belirlemeye ve azaltmaya yardımcı olabilir [22].

#### Tehditler:

- Düzenleyici Zorluklar: Sağlık tedarik zincirindeki ML/AI uygulamalarının sıkı yönetmeliklere ve veri koruma yasalarına uyması gerekir, bu da uygulamanın önünde engeller oluşturabilir [23].
- Yetenek Eksikliği: Sağlık tedarik zincirinde ML/AI uygulamalarını geliştirebilecek, uygulayabilecek ve sürdürebilecek vasıflı profesyonel eksikliği olabilir [6].

- Değişime Direnç: Geleneksel tedarik zinciri paydaşları, işten çıkarılma endişeleri, manuel süreçlere güven veya faydalar hakkında farkındalık eksikliği nedeniyle makine öğrenimi ve yapay zekayı benimsemeye direnebilir.

#### IV. TARTIŞMA

Sağlık tedarik zincirinde ML/AI mevcut durumunu ve potansiyel etkisini değerlendirmek için SWOT analiz çerçevesi kullanılmıştır. Bu çerçeve, ML/AI teknolojilerinin sağlık tedarik zinciri bağlamında entegrasyonunu etkileyen iç ve dış faktörlerin sistematik bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

SWOT analizini uygulamak için multidisipliner bir yaklaşım benimsenmiştir. Tedarik zinciri yöneticileri, sağlık uzmanları, makine öğrenimi/araştırma uzmanları ve politika yapımcılar dahil olmak üzere ilgili paydaşlara danışılmış ve makine öğrenimi/araştırma entegrasyonu ile ilişkili güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler hakkında görüş ve perspektifler toplanmıştır.

SWOT analizi çerçevesinin sağlık tedarik zincirine uygulanması, ML/AI entegrasyonunu etkileyen iç ve dış faktörlerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Sağlık tedarik zinciri bağlamında ML/AI ile ilişkili potansiyel faydaları, zorlukları ve stratejik hususları belirlemek için yapılandırılmış bir yaklaşım sağlamıştır. Bu çalışma, güçlü ve zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri analiz ederek, sağlık kuruluşları, politika yapımcılar ve tedarik zinciri uzmanları için makine öğrenimi/araştırma potansiyelinden etkin bir şekilde yararlanma ve sağlık tedarik zincirinde başarılı bir uygulama için zorlukları ele alma konusunda değerli bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır.

ML/AI'nin sağlık tedarik zincirindeki güçlü yönleri, otomasyon yoluyla verimliliği artırma, talep tahmini için tahmine dayalı analitiği mümkün kılma, envanter ve lojistiğin gerçek zamanlı takibini kolaylaştırma ve kalite kontrol önlemlerini destekleme potansiyeli olarak belirlenmiştir. Veri kalitesi ve erişilebilirliği, etik kaygılar ve uygulamanın karmaşıklığı ile ilgili zorluklar da dahil olmak üzere zayıf yönler değerlendirilmiştir.

Sağlık tedarik zincirinde ML/AI için talep tahmini doğruluğunun iyileştirilmesi, tedarik zinciri süreçlerinin optimize edilmesi, kişiselleştirilmiş tıbbın mümkün kılınması ve ürün geri çağırma ve kesintileriyle ilişkili risklerin azaltılması gibi fırsatlar belirlenmiştir. Mevzuatla ilgili zorluklar, makine öğrenimi/araştırma uzmanlığındaki beceri açığı ve paydaşlar arasında değişime karşı direnç gibi ele alınması gereken tehditler de belirlenmiştir.

## V. SONUÇLAR

Bu çalışma, makine öğrenimi/yapay zeka (ML/YZ) entegrasyonunun sağlık tedarik zincirinde potansiyel faydalarını, zorluklarını ve stratejik düşüncelerini kapsamlı bir şekilde analiz etmektedir. Sağlık sistemlerinin giderek karmaşıklaşması ve taleplerin artmasıyla birlikte, ML/YZ teknolojilerinden faydalanma, tedarik zinciri operasyonlarını optimize etmek ve hastaların sonuçlarını iyileştirmek için umut vaat eden bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır.

Bu araştırma, SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) çerçevesini kullanarak sağlık tedarik zincirinde ML/YZ uygulamalarının mevcut durumunu değerlendirir. ML/YZ'nin bu bağlamda güçlü yönleri, otomasyon aracılığıyla verimliliği artırmak, talep tahminleri için öngörülse analitikler sağlamak, envanter ve lojistikte gerçek zamanlı izleme sağlamak ve kalite kontrol önlemlerine destek olmaktır. Bununla birlikte, veri kalitesi ve erişilebilirlik ile ilgili zayıflıklar, etik endişeler ve uygulama karmaşıklığı gibi zorluklar bulunmaktadır.

ML/YZ için fırsatları belirleyerek, bu çalışma talep tahmin doğruluğunu iyileştirme, tedarik zinciri süreçlerini optimize etme, kişiselleştirilmiş tıp imkanını sağlama ve ürün geri çağırma ve kesintilere ilişkin riskleri azaltma potansiyeline dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, düzenleyici zorluklar, ML/YZ uzmanlığındaki beceri açığı ve paydaşlardaki değişime direnç gibi birçok tehdit ele alınmalıdır.

ML/YZ entegrasyonunun sağlık tedarik zincirindeki etkilerini anlamak, sağlık kuruluşları, politika yapıcılar ve tedarik zinciri uzmanları için önemlidir. Bu araştırma, başarılı uygulama için gerekli stratejik düşünceler konusunda içgörüler

sunmakta ve sağlam veri yönetimi uygulamaları, etik çerçeveler, düzenleyici uyumluluk ve beceri geliştirmeye yatırım yapma gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Güçlü yönleri kullanarak, fırsatları değerlendirerek ve zayıflıklar ile tehditlere çözüm üretmek, ML/YZ entegrasyonu, sağlık tedarik zincirini devrimleştirme ve nihayetinde hasta bakımını iyileştirme potansiyeline sahiptir.

## KAYNAKLAR

- [1] K. K. Sinha and E. J. Kohnke, "Health Care Supply Chain Design: Toward Linking the Development and Delivery of Care Globally\*," *Decis. Sci.*, vol. 40, no. 2, pp. 197–212, May 2009, doi: 10.1111/J.1540-5915.2009.00229.X.
- [2] K. Moons, G. Waeyenbergh, and L. Pintelon, "Measuring the logistics performance of internal hospital supply chains – A literature study," *Omega*, vol. 82, pp. 205–217, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.OMEGA.2018.01.007.
- [3] I. A. Omar, R. Jayaraman, M. S. Debe, K. Salah, I. Yaqoob, and M. Omar, "Automating Procurement Contracts in the Healthcare Supply Chain Using Blockchain Smart Contracts," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 37397–37409, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3062471.
- [4] A. Corley, N. E. Hammond, and J. F. Fraser, "The experiences of health care workers employed in an Australian intensive care unit during the H1N1 Influenza pandemic of 2009: A phenomenological study," *Int. J. Nurs. Stud.*, vol. 47, no. 5, pp. 577–585, May 2010, doi: 10.1016/J.IJNURSTU.2009.11.015.
- [5] R. K. Goel, J. W. Saunoris, and S. S. Goel, "Supply chain performance and economic growth: The impact of COVID-19 disruptions," *J. Policy Model.*, vol. 43, no. 2, pp. 298–316, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.JPOLMOD.2021.01.003.
- [6] G. Zhang, Y. Yang, and G. Yang, "Smart supply chain management in Industry 4.0: the review, research agenda and strategies in North America," *Ann. Oper. Res.*, vol. 322, no. 2, pp. 1075–1117, Mar. 2023, doi: 10.1007/S10479-022-04689-1/TABLES/6.
- [7] D. M. Botín-Sanabria, S. Mihaita, R. E. Peimbert-García, M. A. Ramírez-Moreno, R. A. Ramírez-Mendoza, and J. de J. Lozoya-Santos, "Digital Twin Technology Challenges and Applications: A Comprehensive Review," *Remote Sens. 2022, Vol. 14, Page 1335*, vol. 14, no. 6, p. 1335, Mar. 2022, doi: 10.3390/RS14061335.
- [8] J. Zhao, H. Feng, Q. Chen, and B. Garcia de Soto, "Developing a conceptual framework for the application of digital twin technologies to revamp building operation and maintenance processes," *J. Build. Eng.*, vol. 49, p. 104028, May 2022, doi: 10.1016/J.JOBE.2022.104028.
- [9] L. Guntuka, T. M. Corsi, and D. E. Cantor, "Recovery from plant-level supply chain disruptions: supply chain complexity and business continuity

- management,” *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, 2023, doi: 10.1108/IJOPM-09-2022-0611/FULL/PDF.
- [10] H. Aronsson, M. Abrahamsson, and K. Spens, “Developing lean and agile health care supply chains,” *Supply Chain Manag.*, vol. 16, no. 3, pp. 176–183, May 2011, doi: 10.1108/13598541111127164/FULL/PDF.
- [11] K. Alam, M. O. Erdiaw-Kwasie, M. Shahiduzzaman, and B. Ryan, “Assessing regional digital competence: Digital futures and strategic planning implications,” *J. Rural Stud.*, vol. 60, pp. 60–69, May 2018, doi: 10.1016/J.JRURSTUD.2018.02.009.
- [12] G. Gupta and R. P. Mishra, “A SWOT analysis of reliability centered maintenance framework,” *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 22, no. 2, pp. 130–145, May 2016, doi: 10.1108/JQME-01-2015-0002/FULL/PDF.
- [13] D. Xin, E. Y. Wu, D. J. L. Lee, N. Salehi, and A. Parameswaran, “Whither automl? understanding the role of automation in machine learning workflows,” *Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc.*, May 2021, doi: 10.1145/3411764.3445306.
- [14] M. D. Khan, D. Schaefer, and J. Milisavljevic-Syed, “Supply Chain Management 4.0: Looking Backward, Looking Forward,” *Procedia CIRP*, vol. 107, pp. 9–14, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.PROCIR.2022.04.002.
- [15] E. Ayyildiz and A. Taskin Gumus, “Interval-valued Pythagorean fuzzy AHP method-based supply chain performance evaluation by a new extension of SCOR model: SCOR 4.0,” *Complex Intell. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 559–576, Nov. 2021, doi: 10.1007/s40747-020-00221-9.
- [16] J. K. Lennerz *et al.*, “Diagnostic quality model (DQM): an integrated framework for the assessment of diagnostic quality when using AI/ML,” *Clin. Chem. Lab. Med.*, vol. 61, no. 4, pp. 544–557, Mar. 2023, doi: 10.1515/CCLM-2022-1151/ASSET/GRAPHIC/J\_CCLM-2022-1151\_FIG\_004.JPG.
- [17] A. S. Albahri *et al.*, “A systematic review of trustworthy and explainable artificial intelligence in healthcare: Assessment of quality, bias risk, and data fusion,” *Inf. Fusion*, vol. 96, pp. 156–191, Aug. 2023, doi: 10.1016/J.INFFUS.2023.03.008.
- [18] S. Jakkan, “Designing a framework to develop capabilities for adopting AI/ML technologies in the supply chain.” Jul. 23, 2021. [Online]. Available: <http://essay.utwente.nl/87866/>
- [19] E. Ayyildiz, “Interval valued intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process-based green supply chain resilience evaluation methodology in post COVID-19 era,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 1, pp. 1–19, Oct. 2021, doi: 10.1007/s11356-021-16972-y.
- [20] P. K. R. Maddikunta *et al.*, “Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications,” *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 26, p. 100257, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.JII.2021.100257.
- [21] K. Chakravarty, V. Antontsev, Y. Bunday, and J. Varshney, “Driving success in personalized medicine through AI-enabled computational modeling,” *Drug Discov. Today*, vol. 26, no. 6, pp. 1459–1465, Jun. 2021, doi: 10.1016/J.DRUDIS.2021.02.007.
- [22] A. Kendall, A. Das, B. Nagy, and A. Ghosh, “Blockchain Data Management Benefits by Increasing Confidence in Datasets Supporting Artificial Intelligence (AI) and Analytical Tools using Supply Chain Examples,” in *Eighteenth Annual Acquisition Research Symposium*, May 2021, no. May 11-13, pp. 209–230. Accessed: May 27, 2023. [Online]. Available: <https://dair.nps.edu/handle/123456789/4412>
- [23] S. O’Sullivan *et al.*, “Legal, regulatory, and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (AI) and autonomous robotic surgery,” *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, vol. 15, no. 1. 2019. doi: 10.1002/rcs.1968.