



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



**TARIM MAKİNALARI
İMALATHANELERİNDE İŞ GÜVENLİĞİ
DENETİMİ AMAÇLI YAPAY ZEKA
DESTEKLİ OTOMATİK BARET TESPİT
SİSTEMİ**

SİMGE ÖZÜAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR

2024



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



**TARIM MAKİNALARI
İMALATHANELERİNDE İŞ GÜVENLİĞİ
DENETİMİ AMAÇLI YAPAY ZEKA
DESTEKLİ OTOMATİK BARET TESPİT
SİSTEMİ**

SİMGE ÖZÜAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖMER ERTUĞRUL

KIRŞEHİR

2024

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim. 17/07/2024

Öğrenci
Sime ÖZÜAĞ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

İÇİNDEKİLER DİZİNİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
TABLolar DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL VE METOT.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Metot.....	14
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	27
6. KAYNAKÇA	29
ÖZGEÇMİŞ	37

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisansa başlamamda ve yüksek lisans ders sürecinde kendisini tanıdığım günden bu yana gösterdiği sakin ve sabırlı hali ile her zaman bana örnek olmasının yanı sıra bir bilim insanının nasıl çalışması gerektiğini kendisinden öğrendiğim değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ömer ERTUĞRUL'a büyük bir içtenlikle teşekkür ederim. Tezimin şekillenmesinde ve nihai hale gelmesinde katkıları olan değerli jüri üyelerim Prof. Dr. Makbule ERDOĞDU ve Prof. Dr. Şengül DOĞAN'a teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Tezi yazma sürecimde sorularıma verdikleri cevap ile bana destek olan Dr. Öğr. Üyesi Gülden ÖZGÜNALTAY ERTUĞRUL'a teşekkür ederim.

Tezimi, ailem başta olmak üzere özellikle Ömer ve Duru TUNCER'e ithaf ederim.

Temmuz, 2024

Simge ÖZÜAĞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI İMALATHANELERİNDE İŞ GÜVENLİĞİ DENETİMİ AMAÇLI YAPAY ZEKA DESTEKLİ OTOMATİK BARET TESPİT SİSTEMİ

Simge ÖZÜAĞ

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer ERTUĞRUL
Yıl: 2024, Sayfa: 37
Jüri: Dr. Öğr. Üyesi Ömer ERTUĞRUL
Prof. Dr. Şengül DOĞAN
Prof. Dr. Makbule ERDOĞDU

Bu tez çalışmasının odak noktası, traktör ve tarım makinaları imalathanelerinde çalışan bireylerin baret takıp takmadığını tespit etmek için bir yapay zekâ tabanlı sistem geliştirmektir. Bu amaçla, transfer öğrenme yaklaşımına dayanan bir model geliştirilerek etkin bir iş güvenliği uygulaması oluşturularak bireylerin baret takma durumunu doğru bir şekilde belirlemek hedeflenmiştir. Bu model, 9 farklı önceden eğitilmiş yapay zekâ ağından faydalanılarak derin özellik çıkarımı gerçekleştirilmektedir. Bu ağlar şunlardır: (i) MobileNetV2, (ii) ResNet50, (iii) DarkNet53, (iv) AlexNet, (v) ShuffleNet, (vi) DenseNet201, (vii) InceptionV3, (viii) InceptionResNetV2 ve (ix) GoogleNet. Bu ağlardan elde edilen özellik vektörleri, döngüsel komşuluk bileşen analizi (DKBA) özellik seçimine tabi tutulmuş, ardından bu özellikler “k en yakın komşu” (kNN) yöntemiyle sınıflandırılmıştır. 9 farklı sınıflandırma çıktısı, döngüsel ağırlıklı oylama (DAO) algoritmasıyla birleştirilerek en optimum sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Sistemin performansını değerlendirmek için traktör ve tarım makinaları imalathanelerine ait görüntüler internet aracılığıyla toplanarak bir görüntü veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti iki kategoriye ayrılmaktadır: (1) 662 baretli ve (2) 722 baretsiz bireyler. Sonuç olarak, bu tez çalışmasında önerilen yapay zekâ tabanlı baret tespit yöntemi, %90.39 doğruluk oranı ile yüksek performans göstermiştir. Döngüsel Komşuluk Bileşen Analizi (DKBA) ve kNN sınıflandırıcıları kullanılarak yapılan deneylerde, en iyi sonuçlar DenseNet201 ağından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yapay zekânın iş sağlığı ve güvenliği sektöründeki potansiyelini ortaya koymaktadır. Özellikle kapalı alanlarda kullanıldığında, bu tür sistemler iş güvenliği uzmanlarının görevlerini daha verimli hale getirebilir ve insan kaynaklı hataları asgariye indirebilir.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı, kkd, tarım makineleri, yapay zekâ, traktör imalathanesi, derin öğrenme, makine öğrenmesi

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED AUTOMATIC HELMET DETECTION SYSTEM FOR OCCUPATIONAL SAFETY INSPECTION IN AGRICULTURAL MACHINERY FACTORIES

Simge ÖZÜAĞ

KIRŞEHİR AHI EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ömer ERTUĞRUL
Year: 2024, Pages: 37
Juries: Asst. Prof. Dr. Ömer ERTUĞRUL
Prof. Dr. Şengül DOĞAN
Prof. Dr. Makbule ERDOĞDU

The focus of this thesis is to develop an artificial intelligence-based system for detecting whether individuals working in tractor and agricultural machinery factories are wearing helmets. For this purpose, a model based on transfer learning was developed to create an effective occupational safety application, accurately determining the helmet-wearing status of individuals. This model performs deep feature extraction using nine different pre-trained artificial neural networks. These networks are: (i) MobileNetV2, (ii) ResNet50, (iii) DarkNet53, (iv) AlexNet, (v) ShuffleNet, (vi) DenseNet201, (vii) InceptionV3, (viii) InceptionResNetV2, and (ix) GoogleNet. The feature vectors obtained from these networks were subjected to cyclic neighborhood component analysis (CNCA) for feature selection, and these features were then classified using the k-nearest neighbor (kNN) method. The nine different classification outputs were combined using the cyclic weighted voting (CWV) algorithm to achieve the optimal result. To evaluate the system's performance, an image dataset was created by collecting images from tractor and agricultural machinery factories via the internet. This dataset is divided into two categories: (1) 392 individuals with helmets and (2) 314 individuals without helmets. Consequently, the artificial intelligence-based helmet detection method proposed in this thesis demonstrated high performance with an accuracy rate of 90.39%. The experiments conducted using CNCA and kNN classifiers showed the best results with the DenseNet201 network. The obtained results highlight the potential of artificial intelligence in the field of occupational health and safety. Especially when used in enclosed spaces, such systems can make the tasks of occupational safety experts more efficient and minimize human errors.

Key Words: Occupational health, ppe, farm machinery, artificial intelligence, tractor workshops, deep learning, machine learning

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 4.1. Sınıflandırıcı bazlı sonuçlar (%).....	26
Tablo 4.2. Ağırlıklandırılmış vektörlerin sonuçları (%).....	27

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Veri setinin dağılımı.....	19
Şekil 3.2. Önerilen baret tanıma modelinin blok diyagramı.....	23
Şekil 4.1. Karmaşıklık matrisi üzerinden performans hesaplama değerlerinin gösterimi..	25
Şekil 4.2. Kullanılan ESA' ya göre DKBA'nın seçtiği özellik sayıları.....	26
Şekil 4.3. Önerilen modelin karmaşıklık matrisi.....	27

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
<i>a</i>	: Tamamı baretli
<i>b</i>	: Tamamı baretli değil
<i>F</i>	: Önceden eğitilmiş ESA'lerden elde edilen ağırlık vektörleri
<i>f</i>	: Seçilen özellik vektörleri
<i>kNN</i>	: k en yakın komşu
<i>p</i>	: Sınıflandırıcılarda elde edilen çıktılar
<i>v</i>	: Ağırlıkları oylama

Kısaltmalar	Açıklama
AI	: Artificial Intelligence
CNN	: Evrimsel Sinir Ağları
DAO	: Döngüsel Ağırlıkları Oylama
DKBA	: Döngüsel Komşuluk Birleşen Analizi
EEG	: Elektroensefalogram
ESA	: Evrimsel Sinir Ağları
FAIR	: Facebook AI Research
FN	: False Negativel
FP	: False Pozitivel
GB	: Gigabayt
GHz	: Gigahertz
IOT	: Endüstriyel Nesnelerin İnterneti
IMU	: İnersiyal Ölçme Ünitesi
MEMS	: Mikroelkektromekanik Sistemler
NIOSH	: Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü
TN	: True Negativel
TP	: True Pozitivel
YZ	: Yapay Zekâ

1. GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların iş yerlerinde karşılaşılabilecekleri risklerden korunmalarını ve bu ortamların güvenli hale getirilmesini hedefleyen, disiplinler arası bir bilim ve uygulama alanıdır (Stellman, 1998; Burke ve ark., 2011). Bu alan, iş yerindeki sağlık ve güvenlik risklerini önlemek, azaltmak veya kontrol altına almak için gerekli yöntemler, politikalar ve prosedürlerin geliştirilmesi ve uygulanmasıyla ilgilidir (Zanko ve Dawson, 2012). İş sağlığı ve güvenliği, aşağıdaki temel unsurları içerir (Shikdar ve Sawaqed, 2003; Zimolong ve Elke, 2006):

- *Risk Değerlendirmesi:* İş yerlerinde potansiyel sağlık ve güvenlik risklerinin sistemli bir şekilde belirlenmesi ve değerlendirilmesi. Bu, kazaları ve iş ile ilgili hastalıkları önlemek için ilk adımdır.
- *Önleyici Tedbirler:* Risklerin belirlenmesinin ardından, bu riskleri azaltmak veya ortadan kaldırmak için uygun önlemlerin alınması. Bu önlemler, güvenlik ekipmanlarının kullanımı, çalışma ortamının ergonomik düzenlenmesi ve güvenli çalışma prosedürlerinin geliştirilmesi gibi unsurları içerebilir.
- *Eğitim ve Bilinçlendirme:* Çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği konusunda düzenli eğitimler sağlamak, bilinçlendirme kampanyaları yürütmek. Bu eğitimler, çalışanların riskleri tanımasına ve güvenli çalışma uygulamalarını benimsemesine yardımcı olur.
- *Yasal ve Düzenleyici Çerçeve:* İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını desteklemek için yasal düzenlemelerin ve standartların oluşturulması. Bu düzenlemeler, işverenlerin ve çalışanların sorumluluklarını belirler ve uygun çalışma koşullarının sağlanmasını zorunlu kılar.
- *Kaza ve Olay İncelemesi:* İş kazaları veya tehlikeli olaylar meydana geldiğinde, bunların nedenlerinin ve sonuçlarının analiz edilmesi. Bu incelemeler, gelecekte benzer olayların önlenmesi için önemli bilgiler sağlar.
- *Sağlık İzleme ve Sürekli İyileştirme:* Çalışanların sağlık durumunun sürekli olarak izlenmesi ve iş yerindeki sağlık ve güvenlik uygulamalarının sürekli iyileştirilmesi. Bu, iş yerlerinin dinamik doğasına uyum sağlamak ve yeni risklere karşı proaktif olmak için gereklidir.

İş sağlığı ve güvenliği, sadece kazaları ve yaralanmaları önlemekle kalmaz, aynı zamanda çalışanların genel sağlık ve refahını da artırarak verimliliği ve iş tatminini yükseltir (Hasle ve Limborg, 2006). Bu nedenle, iş sağlığı ve güvenliği, sadece yasal bir zorunluluk değil, aynı zamanda etik ve ekonomik bir gereklilik olarak görülmektedir (Robson ve ark., 2007; Montero ve ark., 2009; Lingard, 2013).

Sürdürülebilir bir tarım için su ve enerji kaynaklarının yanında insan da önemli bir kaynaktır (Degirmencioglu ve ark. 2019) ve tarım sektöründe çalışan insanların sağlığı halen yeterince ncelenememiştir. Tarım; inşaat, sanayi ve tıp ile birlikte dünyadaki en tehlikeli dört sektörden biridir (şekerli ve Keskin, 2018). Tarımsal işlemlerin yürütülmesinde bazı ergonomik riskler (Aygün ve ark., 2022) ve tarımsal ilaçlara maruziyet (Babaoglu ve ark., 2021) riskleri oluşabildiği gibi tarımın en tehlikeli sektörler arasında anılmasının başlıca nedeni traktör ve tarım makinalarının imalatı ve işletilmesinde yaşanan kazalardır (z ve ark., 2023). Tarımsal mekanizasyon seviyesinin gelişimi tarımsal verimliliğin artışında son derece etkilidir (Ozgnaltay-Ertugrul ve ark., 2019). Tarımsal insansız hava araçları ile ilaçlama operasyonlarının yürütülmesi gibi gelişen teknolojilerin kullanılması sayesinde bazı risklerin azaltılabileceği ortadadır (Alkan ve zgnaltay Ertuğrul, 2022). Bununla birlikte, mekanizasyon seviyesinin gelişimi ile yaşanan kaza oranlarının arttığı da tespit edilmiştir (zgnaltay Ertuğrul ve ark., 2022). İnsan faktörü, her sektörde olduğu gibi yaş, eğitim, deneyim gibi özellikleri ile tarımda da tehlikelerin risklere dönüşme olasılığını önemli ölçüde etkilemektedir (z ve zgnaltay Ertuğrul, 2016). Özellikle kişisel koruyucu donanımların kullanılmasında yaşanan ihmaller, iş güvenliği açısından önemli sorunlara yol açabilmekte olup, denetimin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi önemlidir (zağ ve Ertuğrul, 2022).

Baret takmanın iş sağlığı ve güvenliği açısından önemi, özellikle tehlike içeren iş ortamlarında hayati bir konu olarak öne çıkar (Lee ve ark., 2022; ztrk, 2020). Baretlerin kullanımı, baş ve beyin yaralanmaları riskini önemli ölçüde azaltarak, çalışanların güvenliğini artırmada kritik bir rol oynar (Lee ve ark., 2022). Düşen cisimler, darbeler ve çarpışmalar gibi risklere karşı birinci derecede koruma sağlayan baretler, inşaat, madencilik ve endüstriyel üretim gibi tehlike içeren sektörlerde, çalışanların başlarını sert cisimlerden ve diğer potansiyel tehlikelerden koruyarak önemli bir güvenlik önlemi haline gelir (Ulubeyli ve ark., 2015). Baş yaralanmalarının ciddi veya ölümcül sonuçlar doğurabileceği göz önüne alındığında, baretlerin

kullanımı, bu tür yaralanmaların şiddetini azaltarak hayat kurtarma potansiyeline sahiptir ve uzun süreli sağlık sorunlarını önlemede önemli bir rol oynar (Davis ve ark., 2001). Birçok ülkede, tehlikeli iş ortamlarında baret takmanın yasal bir gereklilik olması, işverenlerin iş sağlığı ve güvenliği standartlarına uygun koruyucu ekipman sağlama yükümlülüğünü ortaya koyar (Kim ve ark., 2018). Baret takma zorunluluğu aynı zamanda çalışanlarda güvenlik bilincini artırır ve tehlikeli alanlarda dikkatli olmalarını sağlayarak genel iş güvenliği kültürünün bir parçası haline gelir (Haas ve ark., 2016). Baret kullanımının kazalardan kaynaklanan yaralanmaları önlemesi, işverenler için sağlık sigortası ve tazminat gibi maliyetleri azaltırken, çalışanların güvenliğinin sağlanması, onların iş yerinde kendilerini daha güvende hissetmelerini sağlayarak moral ve verimlilik üzerinde olumlu bir etki yaratır. Baretlerin etkin bir koruma sağlaması için, doğru bir şekilde seçilmeleri, bakımlarının yapılması ve düzenli olarak kullanılmalrı gereklidir (Keçeci, 2019). Standartlara uygun, dayanıklı malzemelerden yapılmış, doğru boyutta ve iyi durumda tutulan baretler, iş sağlığı ve güvenliği açısından sadece bir zorunluluk değil, aynı zamanda etik bir sorumluluktur. Bu nedenle, baret kullanımı, riskli iş ortamlarında çalışanların güvenliğini sağlamak için vazgeçilmez bir unsurdur (Haas ve Cecala, 2017).

Yapay zekâ (YZ), tarımda verimliliğin artırılması amacıyla sıkça araştırma konusu olmakla birlikte (Ertürk ve Ertuğrul, 2023), son yıllarda iş sağlığı ve güvenliği alanında da devrim yaratma potansiyeline sahip bir teknolojidir (Winston, 1984; Jarota, 2023;). YZ, veri işleme, desen tanıma ve karar verme yetenekleri sayesinde, iş yerlerindeki riskleri azaltmak ve güvenlik standartlarını iyileştirmek için kullanılabilir (Fetzer ve Fetzer, 1990). İş sağlığı ve güvenliği açısından yapay zekânın uygulanmasının önemi, özellikle tehlikeli ve yüksek riskli iş ortamlarında daha da belirgindir (Eryaman ve Ertan, 2023).

YZ teknolojileri, iş yerlerinde risk tespiti ve analizinde büyük bir rol oynar. Gelişmiş algoritmaları kullanarak, yapay zekâ, büyük veri setlerini işleyebilir ve karmaşık desenleri tanıyabilir. Bu yetenek, iş yerlerindeki potansiyel tehlikeleri ve riskleri önceden belirlemek için kullanılabilir. Örneğin, makine öğrenimi, iş kazaları ve olaylarının geçmiş verilerini analiz ederek, benzer olayların tekrarını önlemek için öneriler sunabilir (Şahin ve Topaloglu, 2021). YZ'nin bir diğer önemli uygulaması, gerçek zamanlı izleme ve uyarı sistemleridir. YZ destekli kameralar, sensörler ve diğer izleme cihazları, iş yerlerinde sürekli gözetim sağlayarak, güvenlik ihlallerini ve tehlikeli durumları hızla tespit edebilir. Örneğin, YZ tabanlı görüntü tanıma sistemleri,

çalışanların koruyucu ekipmanları doğru bir şekilde kullanıp kullanmadıklarını kontrol edebilir ve baret, gözlük veya kulak koruyucu gibi ekipmanların eksik olduğu durumlarda uyarı verebilir (Todolí-Signes, 2021). YZ, iş güvenliği eğitimlerini ve bilinçlendirme programlarını kişiselleştirmek için de kullanılabilir. YZ, çalışanların geçmiş deneyimleri, öğrenme stilleri ve eğilimleri temelinde eğitim materyallerini optimize edebilir. Bu, iş güvenliği eğitimlerinin daha etkili ve etkileyici olmasını sağlar ve çalışanların güvenlik konusundaki farkındalığını ve bilgisini artırır (Fenton ve Simske, 2021). Bu örnekler, yapay zekânın iş sağlığı ve güvenliği alanındaki potansiyelini göstermektedir. Yapay zekâ, iş yerlerinde güvenliği artırmak, riskleri azaltmak ve kazaları önlemek için değerli bir araç olarak hizmet edebilir. Bu teknolojik gelişmeler, iş yerlerinin daha güvenli ve verimli hale gelmesine önemli ölçüde katkıda bulunabilir (Min ve ark., 2019).

1.1.Motivasyon

Endüstri 4.0'ın etkisiyle, yapay zekâ ve makine öğrenimi teknolojileri birçok alanda köklü değişikliklere öncülük etmektedir (Lasi ve ark., 2014). Ancak, bu ilerlemelere rağmen, iş sağlığı ve güvenliği alanında bu teknolojilerin potansiyelinden yeterince faydalanılmadığı gözlemlenmektedir (Polak-Sopinska ve ark., 2020). Özellikle traktör fabrikaları gibi spesifik alanlarda, çalışanların güvenliğini sağlamaya yönelik yapay zeka tabanlı uygulamaların eksikliği, literatürde ciddi bir boşluk olarak karşımıza çıkmaktadır (Badri ve ark., 2018).

Bu tezin motivasyonu, mevcut literatürdeki bu eksiklikleri doğrultusunda şekillenmiştir:

- Yapay zekâ ve makine öğrenimi tabanlı yöntemlerin birçok sektörde etkin bir şekilde kullanılmasına rağmen, iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan çalışmaların sınırlı olması.
- Traktör ve tarım makineleri üreten tesisler gibi özelleşmiş endüstrilerde iş sağlığı ve güvenliğini destekleyecek yapay zekâ tabanlı sistemlerin eksikliği.
- Mevcut çalışmaların çoğunun yüzeysel kalmış olması ve sıkça bilinen makine öğrenimi yöntemlerine odaklanmış olması. Derin özellik çıkarma metodolojileri ve kombinasyonel yaklaşımların bu alandaki literatürde yer almaması.

- Çoğu çalışmanın sadece bilgisayar bilimciler tarafından yapılması ve iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının bakış açısının bu çalışmalara yeterince dâhil edilmemiş olması.

Bu motivasyonlarla, traktör ve tarım makinaları üreten tesislerde çalışan bireylerin baret takıp takmadığını etkin bir şekilde tespit edebilecek, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının perspektifini de içeren, derinlemesine bir yaklaşım sunan bir yapay zekâ modelinin geliştirilmesi bu tezin ana amacıdır. Bu modelle hem literatürdeki bu boşlukları doldurmayı hem de iş güvenliği uygulamalarını daha etkili ve etkin bir hale getirmeyi hedefliyoruz

1.2. Tezin katkıları

Bu tez, iş sağlığı ve güvenliği alanında, özellikle traktör ve tarım makinaları üreten tesislerde kullanılmak üzere, yapay zekâ temelli bir sistem önermekte olup; literatürdeki boşlukları doldurmayı ve sektördeki uygulamaları geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, tezin sunduğu başlıca katkılar şunlardır:

- *Yenilikçi yaklaşım:* Tez, iş sağlığı ve güvenliği alanında, özellikle traktör ve tarım makinaları üreten tesisler özelinde, baret takma durumunun tespiti için yapay zekâ tabanlı bir model önermektedir. Bu, literatürdeki benzer çalışmaların aksine özelleşmiş bir yaklaşım sunmaktadır.
- *Derin öğrenme ve kombinasyon:* Geliştirilen model, 9 farklı önceden eğitilmiş yapay zeka ağını kombinasyon halinde kullanarak derin özellik çıkarımı yapabilmektedir. Bu yaklaşım, literatürde sıkça rastlanan yüzeyde kalan yöntemlerin aksine daha kapsamlı ve etkin bir çözüm sunmaktadır.
- *Disiplinlerarası iş birliği:* Bu çalışma, sadece bilgisayar bilimcilerinin değil, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının da bakış açısını içermektedir. Bu, modelin gerçek dünya uygulamalarında daha etkili olmasını sağlamaktadır.
- *Etkin performans değerlendirmesi:* Önerilen model, toplanan özel bir veri seti üzerinde test edilmiş ve %90,39'lık bir doğruluk oranı elde etmiştir. Bu, modelin uygulamada ne kadar etkili olabileceğini gösteren bir göstergedir.

Bu katkılarla, bu tez, iş sağlığı ve güvenliği alanındaki literatüre somut ve yenilikçi bir katkı sağlamakta olup hem akademik hem de endüstriyel çevreler için değerli bir referans oluşturmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Jarota 2023 tarihli çalışmasında, Avrupa Birliği'nin yapay zekâ düzenlemelerini iş sağlığı ve güvenliği perspektifinden derinlemesine incelemiştir. Makale, bu yeni düzenlemelerin iş süreçlerine entegrasyonunu ve yapay zekânın iş yerlerinde kullanımının olası etkilerini tartışarak, yapay zekânın düzenleyici bir çerçevede nasıl ele alınması gerektiğine ışık tutmuştur. Özellikle, yapay zekânın çalışma ortamlarında oluşturabileceği riskler ve bu risklere karşı alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur. Pishgar ve ark. 2021 yılında geliştirdikleri "REDECA" isimli yapay zekâ ve iş sağlığı güvenliği uygulamalarını kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Bu çalışma, yapay zekânın iş sağlığı ve güvenliği alanındaki uygulamalarına yönelik detaylı bir analiz sunarak, bu teknolojilerin iş güvenliği üzerindeki potansiyel etkilerini ve uygulama alanlarını belirlemiştir. Çerçeve, iş yerlerinde yapay zekânın kullanımını optimize etmek için kapsamlı bir yöntem önermiştir. Badri, Boudreau-Trudel ve Souissi 2018 tarihli çalışması ile Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliğinin büyük bir endişe kaynağı olup olmadığını sorgulamıştır. Makale, teknolojik yeniliklerin iş güvenliği üzerindeki etkilerini, özellikle otomasyon ve robotik sistemlerin yükselişi bağlamında incelemiştir. Bu çalışma, teknolojinin iş yerlerindeki güvenlik standartları üzerinde yaratabileceği potansiyel değişikliklere ve zorluklara odaklanmıştır. Jarota (2021), Avrupa Birliği'nde yapay zekâ ve robotlaşmanın, iş sağlığı ve güvenliği yasalarını değiştirmek için neden oluşturup oluşturmadığını incelemiştir. Çalışma, mevcut iş sağlığı ve güvenliği yasalarının bu yeni teknolojilere nasıl uyum sağlaması gerektiğini tartışarak, yasal düzenlemelerin yapay zekâ çağında nasıl güncellenmesi gerektiğine dair önemli bir analiz sunmuştur. Palaniappan ve ark., (2021), yapay zekânın ve nesnelerin interneti (IoT) inşaat sektöründeki iş sağlığı ve güvenliğini nasıl iyileştirebileceğini araştırmıştır. Bu çalışma, bu iki teknolojinin birleşiminin iş güvenliği alanında nasıl devrim yaratabileceğini ve inşaat sektöründe karşılaşılan bazı temel güvenlik zorluklarını nasıl hafifletebileceğini göstermiştir. Howard (2019), yapay zekânın iş dünyasının geleceği üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, AI teknolojilerinin iş güvenliği ve çalışan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerine odaklanarak, teknolojik ilerlemenin iş yerlerindeki roller ve iş gücü dinamikleri üzerinde nasıl dönüştürücü bir etki yaratabileceğini tartışmıştır. Todolí-Signes (2021), yapay zekâ tarafından yönetilen

işlerle ilişkili mesleki riskleri ele almıştır. Makale, algoritmaların çalışanlar için güvenli hale getirilmesinin önemini vurgulayarak, yapay zekânın iş güvenliği üzerindeki etkilerini ve bu teknolojilerin çalışma ortamlarında nasıl düzenlenmesi gerektiğini incelemiştir. Fenton ve Simske, (2021), yapay zekâ tabanlı bir güvenlik veri sayfası belge işleme sisteminin mühendisliğini yapmışlardır. Bu sistem, çevresel sağlık ve güvenlik uyumunu desteklemek için tasarlanmış ve yapay zekânın bu tür düzenleyici ve uyum süreçlerinde nasıl etkin bir rol oynayabileceğini göstermiştir. Adem ve ark. (2020), Endüstri 4.0 alanında iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesini ele almıştır. Bu çalışma, teknolojik ilerlemenin risk değerlendirme süreçlerine olan etkilerini derinlemesine analiz ederek, bu yeniçağda iş güvenliği uygulamalarının nasıl evrimleşmesi gerektiğini tartışmıştır. Fisher ve ark., (2023), yapay zekânın iş sağlığı ve güvenliği eşitliği üzerindeki etkilerini bir kapsam incelemesiyle ele almıştır. Bu çalışma, yapay zekânın iş sağlığı ve güvenliği alanında nasıl farklı grupları etkileyebileceğini ve bu teknolojinin eşitlik ve adalet açısından getirdiği zorlukları ve fırsatları incelemiştir. Polak-Sopinska ve ark., (2020) çalışmalarında Endüstri 4.0'ın iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Makale, teknolojik gelişmelerin iş yerlerindeki güvenlik standartlarını nasıl değiştirebileceğini ve bu yeniçağın getirdiği potansiyel riskleri ve fırsatları değerlendirmiştir. Sa-ngiamsak ve ark., (2022), araştırmalarında endüstriyel havalandırma alanında yapay zekânın iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına yönelik bir kısa sistemik inceleme yapmışlardır. Bu çalışma, yapay zekanın bu spesifik alanda nasıl yenilikçi yaklaşımlar sunabileceğini ve iş güvenliği uygulamalarını nasıl iyileştirebileceğini ele almıştır. Arana-Landín ve ark., (2023), Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışma, bu teknolojilerin iş yerlerinde nasıl bir etki yarattığını ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını nasıl dönüştürebileceğini incelemiştir. Min ve ark. (2019), dördüncü sanayi devriminin iş sağlığı ve güvenliği, işçi tazminatı ve iş koşulları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışma, teknolojik ilerlemenin iş güvenliği standartları ve çalışma koşulları üzerinde yarattığı dönüşümleri ve zorlukları değerlendirmiştir. Perera ve ark., (2023), inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği yönetiminde yapay zekânın kullanımına yönelik bir sistemik inceleme sunmuşlardır. Bu çalışma, yapay zekanın inşaat sektöründeki iş güvenliği uygulamalarına nasıl entegre edilebileceğini ve bu teknolojilerin potansiyel faydalarını ve zorluklarını incelemiştir. Fang ve ark., (2022), inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği için

fizyolojik bilgi işlem teknolojilerini incelemiştir. Bu çalışma, bu teknolojilerin iş yerlerindeki fizyolojik verileri nasıl kullanabileceğini ve bu verilerin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkilerini ve gelecekteki araştırma yönlerini değerlendirmiştir. Cebulla ve ark., (2023), Avustralya’da iş sağlığı ve güvenliği alanında yapay zekânın etik kullanımına yönelik bir puan kartı tasarımını incelemişlerdir. Bu çalışma, yapay zekânın iş yerlerinde etik olarak nasıl uygulanabileceğini ve bu teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki etik etkilerini değerlendirmiştir. Mohammadi ve ark., (2023), iş sağlığı ve güvenliği alanında ortaya çıkan teknolojileri incelemişlerdir. Bu çalışma, yeni teknolojik trendlerin iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına nasıl entegre edilebileceğini ve bu teknolojilerin potansiyel faydalarını ve zorluklarını tartışmıştır. Tamers ve arkadaşlarının 2020 tarihli çalışması, işin geleceğini ve iş gücünün sağlık, güvenlik ve refahını korumak için Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü'nün (NIOSH) perspektiflerini sunmuştur. Bu çalışma, teknolojik değişimlerin iş gücü üzerindeki etkilerini ve bu değişimlerin iş sağlığı ve güvenliği politikaları üzerinde nasıl bir etki yaratabileceğini incelemiştir. Eti ve Gökalp (2023), sağlık kurumlarında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında yapay zekânın rolünü incelemişlerdir. Bu çalışma, yapay zekânın sağlık sektöründeki iş güvenliği prosedürlerini nasıl iyileştirebileceğini ve çalışanların sağlık ve güvenliğini artırmada nasıl etkili olabileceğini tartışmıştır. Yapay zekânın, sağlık kurumlarında risk değerlendirmesi ve tehlike yönetimi gibi alanlarda kullanımına odaklanmıştır. Akaner ve Özdemir (2022), faaliyet alanlarının tehlike sınıflarının yapay zekâ kullanılarak belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma, yapay zekânın çeşitli iş ortamlarında tehlike sınıflandırması yapmak için nasıl kullanılabilirliğini ve bu teknolojinin iş güvenliği analizlerindeki potansiyelini incelemiştir. Demirbilek ve Demirbilek, (2022), Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği anlayışının nasıl değiştiğini incelemiştir. Bu çalışma, Endüstri 4.0 teknolojilerinin, özellikle yapay zekâ ve otomasyonun, iş güvenliği uygulamaları üzerindeki etkilerini ve bu teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliği anlayışını nasıl dönüştürdüğünü ele almıştır. Gür ve ark., (2019), yapay zekâ alanındaki gelişmelerin insan kaynakları yönetimine etkisini incelemiştir. Bu çalışma, yapay zekânın iş gücü planlaması, işe alım ve çalışanların eğitimi gibi insan kaynakları alanlarında nasıl kullanılabilirliğini ve bu teknolojinin iş yerlerindeki iş güvenliği uygulamalarına etkisini ele almıştır. Motorcu ve Murat (2021), yeni iş yeri risklerini ve yapay zekânın iş sağlığı ve güvenliğindeki kullanımını incelemiştir. Bu çalışma, yapay zekânın iş yerlerinde risk değerlendirme, tehlike tespiti ve kazaların

önlenmesi gibi alanlarda nasıl etkili bir araç olabileceğini tartışmıştır. Duman'ın 2021 yılında gerçekleştirdiği çalışmada, inşaat sektöründe risklerin yapay sinir ağı ile değerlendirilmesini ele almıştır. Bu çalışma, yapay sinir ağlarının inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği risklerinin analiz edilmesinde nasıl kullanılabileceğini ve bu teknolojinin potansiyel avantajlarını ve uygulama yollarını incelemiştir. Tan ve ark. (2021), mikroeletromekanik sistemler (MEMS) tabanlı sensörleri kullanarak inşaat alanlarında baret takma durumunu belirlemek için makine öğrenimi algoritmalarını uygulamıştır. Araştırmacılar, iş güvenliği ve sağlığını artırmak için gerçek zamanlı ve otomatik bir baret tespit sistemi geliştirmeye odaklanmışlardır. Bu sistem, iş yerlerinde güvenlik standartlarını yükseltmek ve baret kullanımının uyumunu izlemek için tasarlanmıştır. Nath ve ark. (2020), inşaat alanlarındaki kişisel koruyucu ekipmanların gerçek zamanlı tespiti için derin öğrenme tekniklerini kullanmıştır. Bu çalışma, yapay zekâ tabanlı görsel tanıma sistemlerinin, özellikle işçilerin baret ve diğer güvenlik ekipmanlarını kullanıp kullanmadıklarını otomatik olarak tespit etme potansiyelini incelemiştir. Hayat ve Morgado-Dias, (2022), inşaat güvenliği için derin öğrenme tabanlı otomatik bir baret tespit sistemi geliştirmiştir. Bu sistem, yapay zekâ ve görüntü işleme tekniklerini kullanarak, işçilerin baret takıp takmadığını belirlemeyi amaçlamıştır ve bu teknolojinin inşaat sektöründeki güvenlik uygulamalarına katkıda bulunma potansiyelini ortaya koymuştur. Han ve Zeng (2021), inşaat alanlarında işçilerin baret takma durumlarını tespit etmek için çok ölçekli özellikleri kullanan derin öğrenme tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Bu çalışma, yapay zekânın, iş yerinde güvenliği artırmak ve işçilerin baret kullanımını otomatik olarak izlemek için nasıl kullanılabileceğini göstermiştir. Campero-Jurado ve ark. (2020), Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) için tasarlanmış "Akıllı Baret 5.0" adında bir cihaz geliştirmiştir. Çalışma, bu cihazın yapay zekâ ve sensör teknolojilerini kullanarak, endüstriyel ortamlarda çalışanların güvenliğini nasıl artırabileceğini incelemiştir. Akıllı baret, çalışanların çevresel tehlikeler hakkında gerçek zamanlı bilgi almasını sağlayarak iş yerindeki güvenliği artırmayı hedeflemiştir. Lee ve ark., (2022), sağlık ve güvenlik için çoklu algılama özelliklerine sahip akıllı baretlerin trendlerini incelemişlerdir. Bu derleme çalışmasında, akıllı baretlerin, işçilerin sağlık durumunu izlemek ve potansiyel tehlikeleri algılamak için nasıl kullanılabileceğini detaylandırmıştır. Kim ve ark., (2019) inşaat işçilerinin güvenlik baretini takıp takmadıklarını tespit etmek için derin öğrenme algoritmaları kullanan bir bilgisayar görüşü sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışma, yapay zekânın, inşaat alanlarında işçilerin

güvenlik standartlarına uyumunu sağlamak için nasıl etkili bir araç olabileceğini göstermiştir. Yu ve ark. (2022), inşaat işçilerinin kişisel güvenlik ekipmanlarının hibrit makine öğrenimi teknikleri kullanılarak gerçek zamanlı olarak tanımlanmasını incelemiştir. Araştırma, işçilerin güvenlik ekipmanı kullanımını otomatik olarak izlemek için yapay zekânın potansiyelini vurgulamıştır. Wu ve Zhao (2018), iş güvenliği için akıllı bir görüntü tabanlı yaklaşım kullanarak baret tespiti yapmıştır. Bu çalışma, yapay zekânın, iş yerlerinde güvenlik standartlarının yükseltilmesi için nasıl kullanılabileceğini göstermiş ve otomatik baret tespiti için etkili bir yöntem sunmuştur. Wang ve ark., (2021), derin öğrenme tabanlı işçi baretini tanıma ve kimlik doğrulama sistemini ele almışlar, inşaat alanlarında ve diğer endüstriyel ortamlarda çalışan güvenliğini artırmak için otomatik baret tespiti ve çalışanların kimlik doğrulaması yapabilen bir sistem geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, derin öğrenme modellerini eğitmek için gerçek dünya verilerini kullanmışlar ve bu sistemlerin iş yerlerinde güvenlik yönetimini iyileştirme potansiyelini vurgulamışlardır. Li ve ark., (2014), işçilerin yorgunluk seviyelerini tespit etmek için IMU ve EEG sensörleri içeren akıllı bir güvenlik baretini geliştirerek yorgunluk tespitinin iş güvenliği ve sağlığı açısından önemini vurgulamışlar, sensör teknolojilerini kullanarak işçilerin fiziksel durumlarını izlemenin potansiyel faydalarını ortaya koymuşlardır. Shen ve ark., (2021), inşaat alanlarında baret takma durumunun tespit edilmesi için sınırlayıcı kutu regresyonu ve derin aktarım öğrenme yöntemlerini kullandı. Bu çalışma, inşaat sitelerindeki güvenlik baretini kullanımının otomatik olarak tespit edilmesi için etkili bir yöntem önerdi ve derin öğrenme tekniklerinin bu alandaki uygulamalarını gösterdi. Li ve ark., (2020), güvenlik baretini takma durumunun tespiti için çevrimiçi zor örnek madenciliği ve çok parçalı kombinasyonları birleştiren bir sistem geliştirmişler, iş güvenliği ihlallerinin otomatik olarak tespit edilmesi için yenilikçi bir yöntem sunarak yapay zekânın iş güvenliği uygulamalarındaki potansiyelini vurgulamışlardır. Nath ve Behzadan (2020), inşaat sitelerinde kişisel koruyucu ekipmanın derin öğrenme tabanlı tespitini incelemiştir. Araştırmada, işçilerin baret ve diğer güvenlik ekipmanlarını kullanıp kullanmadığını otomatik olarak belirleyen bir yapay zekâ sistemi geliştirilmiş ve bu teknolojinin iş güvenliğini korumak ve güvenlik standartlarına uyumu sağlamak için nasıl kullanılabileceğini göstermiştir. Kwak ve Kim, (2022), YOLOv5-S modeli ve aktarım öğrenmeyi kullanarak işçilerin güvenlik baretini takma durumunu tespit etmeye odaklanmışlardır. Araştırmacılar, bu modelin yüksek doğrulukla baret takma durumunu tespit edebildiğini ve inşaat sitelerindeki iş güvenliği yönetimini

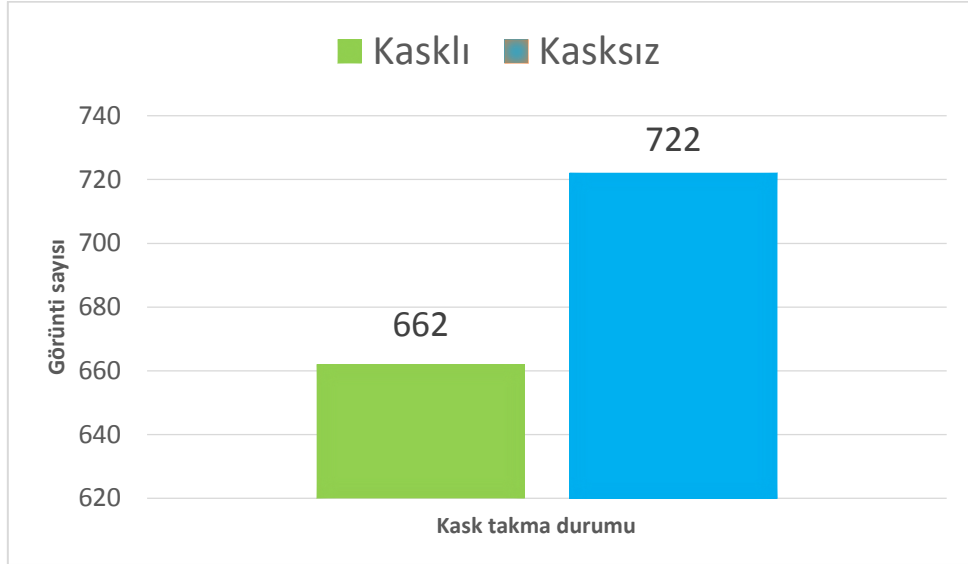
iyileştirmede etkili bir araç olduğunu tespit etmişlerdir. Soylu ve Soylu, (2021), yapay zekâ kullanarak insanların hem medikal maske hem de güvenlik baretini takıp takmadıklarını sınıflandırmayı hedeflemiştir. Bu çalışmada yapay zeka ve görüntü işleme tekniklerini kullanarak, insanların yüz koruyucu ekipman kullanımını otomatik olarak tespit etmeye yönelik bir sistem geliştirilmiştir. Araştırma, bu tür sistemlerin özellikle pandemi döneminde iş yerindeki sağlık ve güvenlik yönetimine katkıda bulunabileceğini vurgulamıştır. Padmini ve ark., (2020), gerçek zamanlı olarak motosiklet sürücülerinin baret takıp takmadığını otomatik olarak tespit eden bir sistem geliştirmiştir. Bu araştırma, görüntü işleme ve yapay zekâ tekniklerini kullanarak trafik güvenliğini artırmayı amaçlamıştır. Çalışma, baret kullanımının yol güvenliği üzerindeki önemine dikkat çekerek, bu teknolojinin trafik denetimi ve kaza önleme çabalarına nasıl katkı sağlayabileceğini göstermiştir. Kim ve Choi, (2022), yol güvenliği için akıllı baret tabanlı bir yakınlık uyarı sistemini incelemiştir. Bu çalışmada, iş güvenliğini artırmak için görüntü sensörleri ve yapay zekâ teknolojilerini kullanan bir sistem geliştirilmiştir. Çalışma, bu sistemle yol çalışanlarının güvenliğinin nasıl artırılabilir ve potansiyel tehlikelere karşı nasıl uyarılar sağlanabileceğini göstermiştir. Lee ve ark., (2023), evrimsel sinir ağları (CNN) tabanlı algoritmaların iki aşamalı baret takma tespiti için doğrulama ve performans karşılaştırmasını yapmışlardır. Bu çalışmada, yapay zekânın iş güvenliği uygulamalarında, özellikle baret takma tespitinde kullanılan çeşitli CNN modellerinin etkinliğini ve doğruluğunu değerlendirilmiştir. Çalışma, bu algoritmaların iş güvenliği standartlarını desteklemedeki rolünü ve farklı yapay zekâ modellerinin performans farklılıklarını incelemiştir.

Bu literatür incelemesi, yapay zekâ ve makine öğrenimi teknolojilerinin iş güvenliği ve sağlığı alanında uygulamalarını geniş bir yelpazede ele almaktadır. Mevcut tez çalışması ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar geçmişten günümüze incelenmiş ve elde edilmiş bulgu ve sonuçlar araştırılan konu etrafında yeniden değerlendirilmesi yapılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

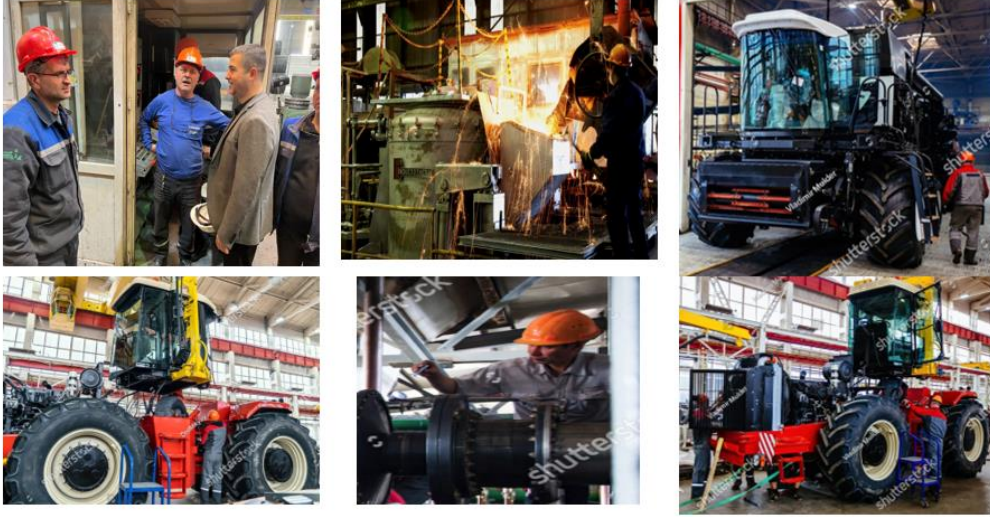
3.1. Materyal

Bu tez kapsamında açık kaynaklardan ve traktör fabrikalarından bir veri seti elde edilmiştir. Elde edilen veri setin görüntülerden oluşmaktadır ve bu görüntüler jpg ve png formatlarında depolanmıştır. Bu veri setinde iki adet sınıf oluşturulmuştur. Bu sınıflar kasklı ve kasksız olarak isimlendirilmiştir. Veri setinin gerçek ortamlara uygun olabilmesi için farklı açılardan ve farklı konumlardan görüntüler alınmıştır. Bu açıdan veri seti gerçek dünya sonuçlarını yansıtacak bir veri setidir. Özellikle veri setinin çalışma ortamlarından çekilen görüntülerden oluşması, önerilen yöntemin gerçek zamanlı olarak kullanılabilir olduğunu da açıkça göstermektedir. Veri setindeki imgelerin dağılımı Şekil 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Veri setindeki görüntülerin sınıflara göre dağılımı.

Bunun yanı sıra veri setindeki örnek görsellerde Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Örnek görseller.

3.2. Metot

Yapay zekâ, insan zekâsının bazı işlevlerini taklit edebilen bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması ile ilgili bilim ve mühendislik dalıdır. YZ, öğrenme, problem çözme, algılama, dil anlama gibi zihinsel işlevleri gerçekleştirebilen algoritmalar ve yazılımlar içerir. Yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi alt dallara ayrılır ve bu teknolojiler, bilgisayarların karmaşık görevleri insan müdahalesi olmadan yerine getirebilmesini sağlar (Ongsulee, 2017).

Yapay zekânın temel amacı, insan zekâsının bazı yönlerini modellemek ve bunları makinelere uygulamaktır. Bu, özellikle veri analizi, desen tanıma ve karar verme gibi alanlarda kullanılır. Yapay zekâ sistemleri, geniş veri kümelerinden öğrenir ve bu verileri analiz ederek, yeni durumlarla karşılaştığında tahminlerde bulunur veya kararlar alır (Michalski ve ark., 2013). Bu süreç, makine öğrenimi adı verilen bir alt dal ile gerçekleştirilir. Makine öğrenimi, verileri kullanarak öğrenen ve kendini geliştiren algoritmaların geliştirilmesini içerir. Daha ileri bir aşama olan derin öğrenme ise, insan beyninin işleyişine benzer bir şekilde çalışan yapay sinir ağları kullanır (Shinde ve Shah, 2018).

Yapay zekâ uygulamaları günümüzde oldukça yaygındır ve çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır (Janiesch ve ark., 2021). Örneğin, otomasyon, tıbbi teşhis, finansal hizmetler ve müşteri hizmetleri gibi alanlarda yapay zekâ teknolojileri önemli rol oynamaktadır. AI, otomobil ve havacılık endüstrilerinde otonom araçların geliştirilmesinden, sağlık sektöründe hastalıkların teşhis ve tedavisine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır (Mitchell, 2006; Choudhary ve ark., 2020; Argawal ve ark., 2021; Azad ve ark., 2023).

Yapay zekâ, aynı zamanda, günlük hayatta karşılaştığımız birçok teknolojiye de yer almaktadır. Akıllı asistanlar, çevrimiçi müşteri hizmetleri botları, kişisel öneri sistemleri ve

otomatik çeviri araçları gibi uygulamalar yapay zekâ teknolojileri sayesinde mümkün olmaktadır. Bu teknolojiler, veri analizi ve desen tanıma yetenekleri sayesinde kullanıcıların ihtiyaçlarına daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verebilir (Angra ve Ahuja, 2017; Shinde ve Shah, 2018).

Bu tez kapsamında yeni bir transfer öğrenme tabanlı bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model özellik çıkarma, özellik seçme, sınıflandırma ve ağırlık oylama aşamalarından oluşmaktadır. Geliştirilen modelin ilk aşaması özellik çıkarma aşamasıdır. Bu aşamada önceden eğitilmiş derin evrimsel sinir ağları (ESA) kullanılmaktadır. Kullanılan ESA yöntemleri daha önceden ImageNet1k adı verilen ve 1000 farklı objeye ait yaklaşık 1,3 milyon görüntüden oluşan bir veri setidir. Bu veri seti üzerinde eğitilen dokuz adet ESA bizim modelimizde özellik çıkarıcı olarak kullanılmaktadır ve bu ESA'lar ile ilgili bilgiler aşağıdaki gibi verilmiştir.

MobilNetV2: Google araştırmacıları tarafından tasarlanan MobileNetV2, verimliliği ön planda tutan evrimsel bir sinir ağıdır, bu da onu mobil ve yerleşik görüntü uygulamaları için uygun hale getirir. MobileNetV2'nin ana özellikleri aşağıdaki gibi verilmiştir (Sandler ve ark., 2018).

- Tersine çevrilmiş artıkları ve doğrusal darboğazları kullanır.
- Performanstan önemli ölçüde ödün vermeden hem hesaplama verimliliği hem de model boyutu açısından optimize edilmiştir.

Bu mimari, hesaplama kaynaklarının kısıtlı olduğu cihaz içi uygulamalar için idealdir.

ResNet50: Microsoft'tan araştırmacılar tarafından geliştirilen ResNet50, 50 katmanı ve "atlama" veya "kalan" bağlantılarıyla karakterize edilen ResNet ailesinin bir üyesidir. ResNet50 yeni nesil modellerin oluşturulmasında referans olarak kullanılan bir ESA'dır ve kendisinden sonraki hemen hemen tüm ESAlar ResNet mimarisinin özelliklerini kullanmaktadır. ResNet' in özellikleri:

- Bir veya daha fazla katmanı atlayan kısayol bağlantılarını içerir. Bu kısa yollara kısa devre adı verilir ve bu kısa yollarla giriş ve çıkış arasında bilgi füzyonu işlemi gerçekleştirilir.
- Derin ağlarda yaygın olan kaybolan gradyan sorununu ortadan kaldırmak için tasarlanmıştır.

ResNet50, görüntü sınıflandırma, nesne algılama ve diğer çeşitli görme görevlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (He ve ark., 2016).

Darknet53: Çok meşhur bir yapay zekâ framework'ü olan YOLO (You only look once/ Yalnızca Bir Kez Bakarsınız) nesne algılama sisteminin bir parçası olan Darknet53,

performans ve verimlilik arasındaki dengesiyle bilinen 53 katmanlı bir ağıdır. DarkNet53 mimarisinin temel özellikleri aşağıdaki gibidir.

- YOLOv3 için omurga görevi görür.
- 53 evrişimli katmanıyla özellikleri verimli bir şekilde çıkarır.

Öncelikle beğenilen bir nesne algılama modeli olan YOLOv3'ün temeli olarak kullanılır. YOLOv7 ve YOLOv8' de dahi DarkNet53 benzeri mimariler omurga yapı olarak kullanılmaktadır (Redmon ve Farhadi, 2017).

AlexNet: Alex Krizhevsky, Geoffrey Hinton (yapay zekânın babası olarak adlandırılan büyük bilim insanı) ve Ilya Sutskever (OpenAI firmasının kurucularından ve baş bilim insanı aynı zamanda ChatGPT'nin fikir babası) tarafından tasarlanan çığır açan bir CNN olan AlexNet, görsel tanıma için derin öğrenmede öncüdür. AlexNet algoritmasının ana özellikleri ise aşağıdaki gibidir.

- ReLU aktivasyonları ve bırakma işlemleri tanıtıldı.
- Çoklu evrişim katmanlarına sahip derin bir mimari kullanır.

Başlangıçta görüntü sınıflandırması için geliştirilmiş olup, sayısız derin öğrenme araştırması ve uygulamasına zemin hazırlamıştır. Bunun yanı sıra AlexNet'in elde ettiği başarılar diğer ESAların önerilmesinde de katalizör etkisi yaratmıştır ve halen ESAlar AlexNet'in önerdiği temel metodolojiyi kullanmaktadırlar (Krizhevsky ve ark., 2012).

DenseNet201: Facebook AI Research (FAIR) kaynaklı DenseNet201, DenseNet ailesine ait olup yoğun bağlantılı katmanlarıyla öne çıkıyor. DenseNet201'in ana özellikleri aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Her katmanın önceki tüm katmanlardan özellikler almasını sağlar.
- Özellik yayılımını destekler ve parametre sayısını azaltır.

Diğer görme görevlerinin yanı sıra ağırlıklı olarak görüntü sınıflandırma ve segmentasyonda kullanılır (Huang ve ark., 2017).

InceptionV3: Google araştırmacılarının buluşu olan InceptionV3, Inception ailesine aittir ve paralel işlemlere sahip farklı "modülleri" ile ünlüdür. GoogLeNet gibi genişlemesine ve derinlemesine mimariye sahip bir ESA'dır. InceptionV3'ün temel özellikleri ise aşağıdaki gibidir.

- Verimli hesaplama için her modüldeki paralel işlemleri kullanır.
- Aşırı hesaplama talepleri olmadan yüksek doğruluk elde etmek için tasarlanmıştır.

Görüntü sınıflandırmada, transfer öğreniminde ve çeşitli görüntü uygulamalarında geniş kullanım alanı bulur (Szegedy ve ark., 2016).

InceptionResNetV2: Google tarafından geliştirilen InceptionResNetV2, Inception mimarisini ResNet'in güçlü yönleriyle birleştiren bir mimaridir ancak her zaman ResNet ve InceptionNet'ten daha iyi performansı garantileyemez. Model özellikleri:

- Inception'ın paralel modül işleme özelliğini ResNet'in artık bağlantılarıyla birleştirir.
- Hesaplama verimliliğini korurken yüksek performans için tasarlanmıştır.

InceptionV3'e benzer şekilde görüntü sınıflandırmada ve diğer çeşitli görme görevlerinde yaygın olarak kullanılır (Szegedy ve ark., 2017).

Hem genişlemesine hem de derinlemesine bir mimariye sahiptir. GoogLeNet'in temel özellikleri:

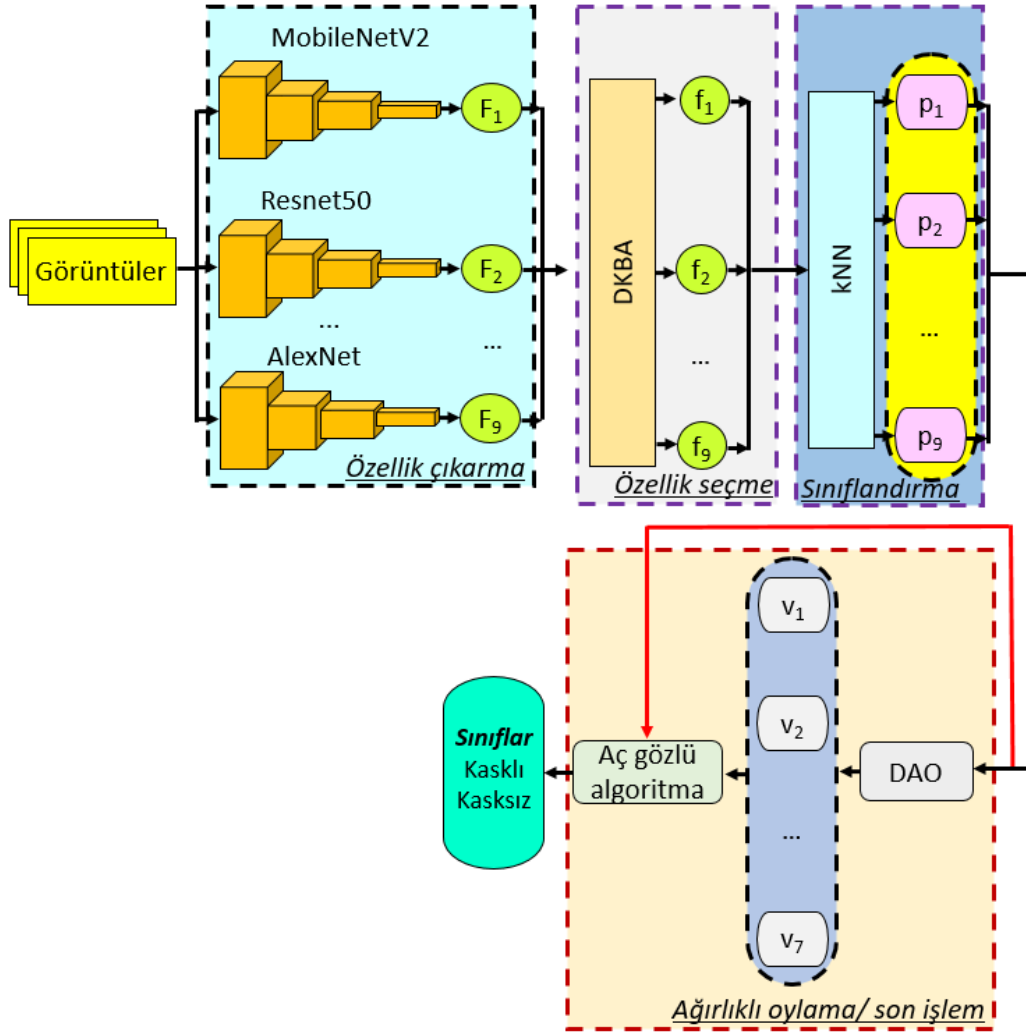
- Verimli hesaplama için paralel işlemleri kullanan başlangıç modülünü içerir.
- Doğrulukta ödün vermeden çağdaş modellere göre çok daha az parametre içerir.

Başlangıçta görüntü sınıflandırması için tasarlanmış olup, daha sonraki derin görme araştırmaları ve uygulamalarının temelini oluşturmuştur (Szegedy ve ark., 2013).

Bu tez çalışmasında yeni nesil hibrit derin özellik tabanlı bir görüntü sınıflandırma yöntemi önerilmiştir. Bu görüntü sınıflandırma yönteminin temel amacı yapay zekânın yeteneklerinin iş sağlığı ve güvenliği sağlayacağı faydaları göstermektir. Bu amaçla önerilen model toplanan bir kask veri setine uygulanmıştır. Önerilen modelde temel amacımız kask tespitini otomatik ve yüksek doğrulukta yapabilecek bir model önermektir. Önerilen model temel olarak 4 ana fazdan oluşmaktadır ve bu fazlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Özellik çıkarma,
- Özellik seçme,
- Sınıflandırma,
- Ağırlık oylama

Modeli daha anlaşılabilir bir formda sunabilmek için, önerilen modelin blok diyagramı ise Şekil 3.3 verilmiştir.



Şekil 3.3. Önerilen kask tanıma modelinin blok diyagramı. Bu şekildeki kısaltmalar şu şekildedir. F: önceden eğitilmiş ESA'lerden elde edilen özellik vektörleri, DKBA: döngüsel komşuluk bileşen analizi, f: seçilen özellik vektörleri, kNN: k en yakın komşu, p: sınıflandırıcılardan elde edilen çıktılar, DAO: döngüsel ağırlık oylama, v: ağırlıklı oylama çıktıları.

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere, önerilen model 9 adet önceden eğitilmiş ESA kullanarak her biri 1000 uzunluğunda 9 adet özellik vektörü oluşturmaktadır. 9 adet özellik vektörünü oluşturmak için kullanılan önceden eğitilmiş ESAlar ise şu şekilde verilmiştir: (1) MobileNetV2, (2) ResNet50, (3) DarkNet53, (4) AlexNet, (5) DarkNet19, (6) DenseNet201, (7) InceptionV3, (8) InceptionResNetV2 ve (9) ResNet18 olarak seçilmiştir. Bu özellik vektörlerine DKBA tekniği uygulanarak en anlamlı özellikler belirlenir. Daha sonra bu özellikler, kNN sınıflandırıcısına verilir ve 9 adet sınıflandırıcı tabanlı sonuç üretilir. Bu 9 sınıflandırıcı çıktısı, DAO yöntemine girdi olarak verilir ve bu yöntemle 7 ağırlıklandırılmış

sonuç elde edilir. Dolayısıyla önerilen model toplamda 16 (=9+7) çıktı üretir. Bu çıktılar arasından en yüksek performansa sahip olanı seçilir. Modelin işleyişi daha detaylı bir şekilde adım adım aşağıda tasvir edilmiştir.

Adım 1: Veri setindeki görüntüler sisteme yüklenir.

Adım 2: Her bir önceden eğitilmiş ağın tam bağlı katmanı her bir resme uygulanarak 9 adet özellik vektörü oluşturulur ve her bir özellik vektöründe 1000 özellik bulunmaktadır.

Adım 3: Elde edilen özelliklerden en anlamlı özellikleri seçmek için DKBA uygulanır ve 9 adet seçilmiş özellik vektörü elde edilir.

Adım 4: Her bir özellik vektörüne kNN sınıflandırıcıları uygulanarak 9 adet sınıflandırıcı tabanlı çıktı elde edilir.

Adım 5: Adım 4'te elde edilen çıktılar DAO yöntemine girdi olarak verilir ve ağırlıklı çıktılar elde edilir. Bu aşamada 9 çıktıdan 7 çıktının oluşmasının temel sebebi ise DAO yönteminin döngü değişkeninin 3'ten başlamasıdır.

Adım 6: Elde edilen 16 çıktının doğruluğu hesaplanır ve maksimum doğruluğa sahip çıktı final sonuç olarak açgözlü algoritma tarafından seçilir.

Yukarıda tanımlanan 6 adım uygulanarak modelimiz gerçekleştirilir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Önerilen modeli gerçekleştirmek için MATLAB (2023a) programı kullanılmıştır. MATLAB programına öncelikle kullanılan derin ağlar yüklenir. Ardından modeli tasarlamak için m dosyaları kullanılarak model fonksiyonel olarak kodlanır. Bu modeli gerçekleştirmek için kullanılan bilgisayarın temel özellikleri ise şu şekildedir. Bu bilgisayar 32 GB ana hafızaya, 3.6 GHz işlem birimine sahiptir. Uçtan uca öğrenme yerine transfer öğrenme modeli kullandığımız için herhangi bir ekran kartı kullanmaya gerek yoktur. Çünkü transfer öğrenme modellerinde uçtan uca öğrenme modelleri gibi milyonlarca parametreyi ayarlamak zorunda değillerdir. Bu nedenle hafif sıklet yöntemlerdir. Önerilen model transfer öğrenmeyi modellerini kullandığı için hafif sıklet bir model olarak tanımlanmaktadır ve bu model pahalı ekran kartlarına sahip olmayan basit konfigürasyona sahip bilgisayarlarda rahatlıkla çalıştırılabilir. Transfer öğrenme modellerinin güçlü (yüksek sınıflandırma performansına sahip) modeller olduğu da geniş dil modellerinin (large language model, LLM) kullanımından da bilinmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı transfer öğrenme tabanlı bir derin özellik mimarisi önerilmiştir (Tavares ve ark., 2021).

Modeli test edebilmek için literatürde sıklıkla kullanılan doğruluk ve dengeli doğruluk performans ölçüm metrikleri kullanılmaktadır. Bu performans ölçüm metriklerini hesaplamak için gerçek pozitif (true positive, TP), gerçek negatif (true negative, TN), yanlış pozitif (false positive, FP) ve yanlış negatif (false negative, FN) değerleri kullanılmaktadır. Bu değerlerin hata matrisinde gösterimi ise Şekil 4.1’ te gösterildiği gibidir.

		Tahmin edilen sınıf	
		Kasklı	Kasksız
Gerçek sınıf	Kasklı	TP	FN
	Kasksız	FP	TN

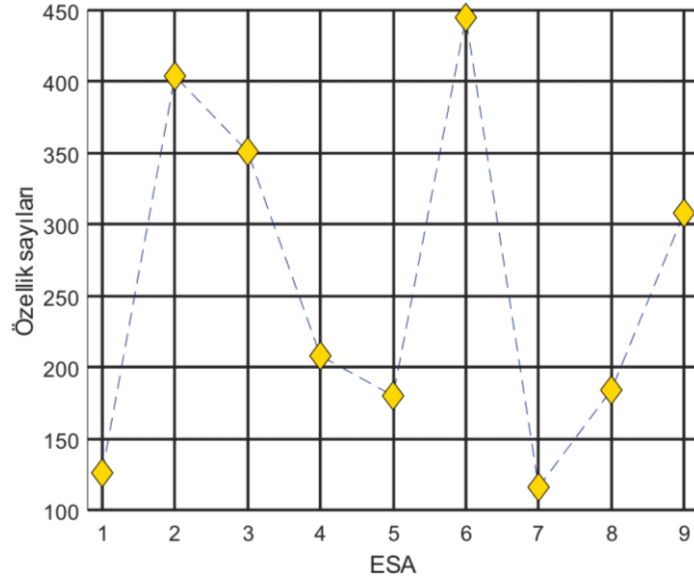
Şekil 4.1. Karmaşıklık matrisi üzerinden performans hesaplama değerlerinin gösterimi.

Şekil 4.1’deki değerlere göre doğruluk ve dengeli doğruluğun denklemleri ise aşağıdaki gibi verilmiştir (Chicco ve Jurman, 2020; Warrens, 2008).

$$\text{doğruluk} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$\text{dengeli doğruluk} = \frac{\frac{TP}{TP + FN} + \frac{TN}{TN + FP}}{2} \quad (2)$$

Bu değerler kullanılarak modelin performans ölçümü yapılacaktır. Önerilen model, öncelikle 1000 özelliğten oluşan 9 adet özellik vektörü çıkarmıştır. Ardında DKBA uygulanarak problemi çözebilecek en iyi özellikler seçilmiştir ve seçilen özelliklerin kullanılan ESA'lara göre sayıları Şekil 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Kullanılan ESA'ya göre DKBA'nın seçtiği özellik sayıları.

X eksenindeki numaralara karşılık gelen ESA'lar şu şekildedir: 1: MobileNetV2, 2: ResNet50, 3: DarkNet53, 4: AlexNet, 5: ShuffleNet, 6: DenseNet201, 7: InceptionV3, 8: InceptionResNetV2, 9: GoogLeNet.

Şekil 4.2'de gösterildiği gibi DKBA her bir özellik seti için farklı sayıda özellik seçmiştir. Her bir ESA'ya göre oluşturulan seçilmiş özellik vektörlerinin boyutları farklıdır. DKBA DarkNet53 ile üretilen özellik vektöründen en anlamlı 105'ini seçerken ResNet18 için 573 özellik seçmiştir.

Önerilen model bilindiği üzere 16 (=9+7) sonuç üretmektedir ve bu sonuçlar ağırlıklandırılmış ve sınıflandırıcı bazlı olarak kategorize edilmektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.1 ve Tablo 4.2' de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sınıflandırıcı bazlı sonuçlar (%)

No	Yöntem	Doğruluk	Dengeli doğruluk
1	MobileNetV2 + DKBA + kNN	87.57	87.62
2	ResNet50 + DKBA + kNN	86.71	86.74
3	DarkNet53 + DKBA + kNN	86.92	86.97
4	AlexNet + DKBA + kNN	84.90	84.96
5	DarkNet19+ DKBA + kNN	86.49	86.54
6	DenseNet201+ DKBA + kNN	88.37	88.46
7	InceptionV3+ DKBA + kNN	86.49	86.57
8	InceptionResNetV2+ DKBA + kNN	87.43	87.44
9	ResNet18+ DKBA + kNN	85.33	85.26

kNN sonuçlarına göre (bkz. Tablo 4.1) en iyi sonuçlar %88,37 doğruluk ve %88,46 dengeli doğruluk ile DenseNet201 kullanılarak elde edilmiştir. Bu çıktılar DAO'nun girdisi olarak kullanılarak ağırlıklandırılmış sonuçlar hesaplanmıştır ve bu sonuçlar Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Ağırlıklandırılmış vektörlerin sonuçları (%)

No	Doğruluk	Dengeli doğruluk
1	90.10	90.21
2	89.23	89.47
3	90.17	90.29
4	90.17	90.37
5	89.81	89.94
6	89.88	90.07
7	90.39	90.53

Tablo 4.1 ve 4.2' de gösterildiği gibi en iyi doğruluk ve dengeli doğruluk oranları %90.39 ve %90.59 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Özüağ ve Ertuğrul (2022) tarafından inşaat dahil farklı çalışma alanlarının dahil edildiği çalışmada elde edilen %86.28 doğruluk oranından yüksektir. Sonuçlara yönelik karmaşıklık matrisi ise Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

		Tahmin edilen sınıf	
		Kasklı	Kasksız
Gerçek sınıf	Kasklı	620	42
	Kasksız	91	631

Şekil 4.3. Önerilen modelin karmaşıklık matrisi.

Yöntemin bulguları, avantajları, sınırlılıkları ve gelecek önerileri aşağıdaki gibi verilmiştir.

Bulgular:

Önerilen yapay zekâ tabanlı kask takma tespit yöntemi, traktör fabrikalarında çalışan bireylerin kask takma durumunu tespit etme amacını taşıyan bir modeli içermektedir. Modelin test edildiği veri seti, kasklı ve kasksız bireylerden oluşan görüntülerden oluşmaktadır. Model, 9 farklı önceden eğitilmiş yapay zekâ ağından türetilen özellik vektörleriyle başlamakta, ardından döngüsel komşuluk bileşen analizi (DKBA) kullanılarak en anlamlı özellikler seçilmektedir. Seçilen özellik vektörleri, kNN yöntemiyle sınıflandırılarak sonuç üretilmektedir. Bu sonuçlar daha sonra DAO algoritmasıyla birleştirilerek en yüksek performans elde edilmektedir. Önerilen model, toplanan veri seti üzerinde %90.39'luk bir doğruluk oranı göstermiştir.

Avantajlar:

Önerilen yapay zekâ tabanlı yöntemin dikkate değer avantajları bulunmaktadır. İşte bunlardan bazıları:

- Modelin %90.39'luk doğruluk oranı, traktör fabrikalarında iş güvenliği açısından kritik olan kask takma durumunun güvenilir bir şekilde tespit edilmesi açısından yüksek performans gösterdiğini göstermektedir.
- Model, 9 farklı önceden eğitilmiş yapay zekâ ağını bir araya getirerek derin özellik çıkarımı gerçekleştirmektedir. Bu, daha karmaşık özellikleri yakalamaya ve daha kesin sonuçlar üretmeye olanak sağlamaktadır.
- Yapay zekâ yönteminin kullanımında açıklanabilir yapay zekâ teknikleri uygulandığından, modelin karar süreçleri daha anlaşılır hale getirilmiştir. Bu durum, iş

sağlığı ve güvenliği uzmanlarının modelin neden belirli bir sonuca ulaştığını anlamalarına yardımcı olur.

Sınırlılıklar:

Önerilen yöntemin bazı sınırlılıkları da göz önünde bulundurulmalıdır:

- Modelin performansı, özellikle farklı ışık koşulları, görüntü açıları ve birey tipleri gibi farklı koşullarda test edilmediyse, bu durum modelin genelleme yeteneğini etkileyebilir.
- Önerilen yöntemin kullanımı için yeterli ve temsilci veri setine ihtiyaç vardır. Veri setinin sınıf dağılımının dengeli olmaması veya yetersiz sayıda örnek içermesi modelin performansını etkileyebilir.
- Modelin çalıştırılması ve eğitilmesi için gereken hesaplama gücü ve zaman, bazı durumlarda kısıtlı olabilir. Bu durum, özellikle gerçek zamanlı uygulamalarda önemlidir.

Gelecek önerileri:

Önerilen yöntem, traktör fabrikalarında iş güvenliği uygulamalarını geliştirmek için önemli bir adım olmasına rağmen, bazı alanlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır:

- Modelin genellemesini artırmak için farklı traktör fabrikalarından elde edilen daha geniş ve çeşitli veri setleri kullanılabilir.
- Modelin farklı ışık koşulları, görüntü açıları ve birey tipleri gibi değişken koşullarda nasıl performans gösterdiği daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilir.
- Modelin gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılabilirliği ve performansı optimize edilebilir, böylece anlık olarak kask takma durumunu izlemek mümkün hale gelir.
- Benzer bir yöntem, farklı endüstrilerdeki iş güvenliği uygulamalarında da kullanılabilir ve bu alanda daha fazla araştırma potansiyel sunar.

Bu önerilen adımlar, yapay zekâ tabanlı kask takma tespit yönteminin daha da geliştirilerek iş güvenliği konusundaki etkisini artırabileceği potansiyel alanlardır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, traktör fabrikalarında ve tarım makinaları imalathanelerinde iş güvenliği uygulamalarını desteklemek amacıyla geliştirilen yapay zekâ tabanlı baret takma tespit yöntemini incelemiştir. Önerilen yöntem, görüntü işleme ve makine öğrenimi tekniklerinin entegrasyonunu kullanarak, çalışanların baret takma durumunu güvenilir bir şekilde tespit etmeyi amaçlamıştır.

Yapılan deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin %90.39 gibi yüksek bir doğruluk oranıyla çalışanların baret takma durumunu tespit etmede başarılı olduğunu göstermiştir. Derin özellik çıkarımı ve dikkatli özellik seçimi sayesinde modelin performansı önemli ölçüde artırılmıştır. Ayrıca, açıklanabilir yapay zekâ tekniklerinin kullanılması, modelin karar süreçlerini daha anlaşılır hale getirerek endüstrideki uzmanların güvenini artırmıştır.

Yapay zekâ yönteminin traktör imalathanelerinde çalışanların baret takıp takmadığını kontrol etmek için önemli bir araç olduğu görülmüştür. Bu teknolojinin iş sağlığı ve güvenliği açısından birçok faydası bulunmaktadır. Ancak, yapılan araştırmalar göstermektedir ki yapay zekâ yönteminin tek başına yeterli değildir. Diğer iş güvenliği önlemleriyle birlikte kullanılması gerekmektedir.

Yapay zekâ yönteminin yanında diğer iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin de göz önünde bulundurulması önemlidir. Baret takımı gibi temel güvenlik ekipmanlarının yanı sıra, çalışanlara eğitimler verilerek farkındalık artırılmalıdır. Yapay zekâ yönteminin gizlilik endişelerini gidermek için şeffaf bir şekilde uygulanması ve çalışanların bu teknoloji hakkında bilgilendirmesi sağlanmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği konusunda sadece teknolojik çözümlere değil, aynı zamanda insan faktörüne de önem verilmelidir. Çalışanların motivasyonu ve katılımı sağlanarak iş güvenliği kültürü geliştirilmelidir. Yapay zekâ yönteminin sürekli güncellenmesi ve iyileştirilmesi, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin etkin bir şekilde uygulanmasını sağlayacaktır. Güvenlik kültürünün inşası çalışanların güvenli çalışma alışkanlıklarının artırılması için eğitim ve farkındalık programları düzenlenmelidir. İş güvenliği kültürünün inşası, yalnızca teknolojik önlemlerle değil, aynı zamanda çalışanların katılımı ve motivasyonu ile de desteklenmelidir. Teknolojik yeniliklerin entegrasyonu yapay zekâ teknolojilerinin iş sağlığı ve güvenliği süreçlerine entegrasyonu, sürekli izleme ve geri bildirim mekanizmaları ile desteklenmelidir. Bu şekilde, İSG uygulamaları daha etkin ve proaktif bir hale gelebilir. Şeffaflık ve gizlilik yapay zekâ uygulamalarının şeffaf bir şekilde yönetilmesi ve çalışanların bu teknolojiler hakkında bilgilendirilmesi, gizlilik endişelerinin giderilmesine yardımcı olacaktır. Bu, çalışanların teknolojiye olan güvenini artıracaktır.

Gelecek alışmalar, önerilen yöntemin daha geniş ve çeşitli veri setleriyle test edilmesini, farklı çalışma koşullarında incelenmesini ve gerçek zamanlı uygulamalar için daha da iyileştirilmesini içerebilir. Ayrıca, benzer yöntemlerin farklı endüstrilerdeki iş güvenliği uygulamalarında nasıl kullanılabilceği daha ayrıntılı bir Şekilde araştırılabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma traktör ve tarım makinaları üreten tesislerde iş güvenliği konusunda önemli bir adım olan yapay zekâ tabanlı baret takma tespit yöntemini sunmuştur. Bu yöntemin, iş güvenliği uzmanlarının çabalarını desteklemesi ve çalışanların güvenliğini artırması beklenmektedir. Diğer önlemlerle birlikte kullanılması ve işyerinde güvenli bir ortamın sağlanması için çeşitli faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

6. KAYNAKÇA

- Adem, A., Çakit, E., ve Dağdeviren, M. (2020). Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0. *SN Applied Sciences*, 2, 1- 6.
- Akaner, M., ve Özdemir, V. (2022). Yapay Zeka Kullanılarak Faaliyet Alanları Tehlike Sınıflarının Belirlenmesi İçin Örnek Bir Çalışma. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 13(1), 123-139.
- Alkan, B., ve Ertugrul Özgünaltay, G. (2022). Tarımsal insansız hava araçları ile pestisit uygulamaları. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 232-238.
- Angra, S., ve Ahuja, S. (2017). Machine learning and its applications: A review. 2017 International Conference on Big Data Analytics and Computational Intelligence (ICBDAC),
- Arana-Landín, G., Laskurain-Iturbe, I., Iturrate, M., ve Landeta-Manzano, B. (2023). Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety. *Heliyon*, 9(3).
- Argawal, R., Kalel, D., Harshit, M., Domnic, A. D., ve Singh, R. R. (2021). Sensor fault detection using machine learning technique for automobile drive applications. 2021 National Power Electronics Conference (NPEC),
- Aygün, İ., Urkan, E., ve Özgünaltay Ertuğrul, G. (2022). Tarımsal Üretimde Ergonomiye Bir Bakış. *Biyosistem Mühendisliği III içinde*. Ankara: Akademisyen Kitabevi, 155-171.
- Azad, M. M., Kim, S., Cheon, Y. B., ve Kim, H. S. (2023). Intelligent structural health monitoring of composite structures using machine learning, deep learning, and transfer learning: a review. *Advanced Composite Materials*, 1-27.
- Babaoglu, U. T., Oymak Yalcin, S., Calis, A. G., Ozgunaltay Ertugrul, G., ve Erturk, A. (2021). Effects of different occupational exposure factors on the respiratory system of farmers: the case of Central Anatolia. *Journal of Public Health*, 1-9.
- Badri, A., Boudreau-Trudel, B., ve Souissi, A. S. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety science*, 109, 403-411.
- Burke, R. J., Clarke, S., ve Cooper, C. L. (2011). *Occupational health and safety*. Gower Publishing, Ltd.
- Campero-Jurado, I., Márquez-Sánchez, S., Quintanar-Gómez, J., Rodríguez, S., ve Corchado, J. M. (2020). Smart helmet 5.0 for industrial internet of things using artificial intelligence. *Sensors*, 20(21), 6241.

- Cebulla, A., Szpak, Z., Howell, C., Knight, G., ve Hussain, S. (2023). Applying ethics to AI in the workplace: the design of a scorecard for Australian workplace health and safety. *AI ve society*, 38(2), 919-935.
- Chicco, D., ve Jurman, G. (2020). The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation. *BMC genomics*, 21(1), 6.
- Choudhary, A., Goyal, D., ve Letha, S. S. (2020). Infrared thermography-based fault diagnosis of induction motor bearings using machine learning. *IEEE Sensors Journal*, 21(2), 1727-1734.
- Davis, G., Edmisten, E., Thomas, R., Rummer, R., ve Pascoe, D. (2001). Effects of ventilated safety helmets in a hot environment. *International journal of industrial ergonomics*, 27(5), 321-329.
- Degirmencioglu, A., Mohtar, R. H., Daher, B. T., Ozgunaltay-Ertugrul, G., & Ertugrul, O. (2019). Assessing the sustainability of crop production in the Gediz Basin, Turkey: a water, energy, and food nexus approach. *Fresen Environ Bull*, 28(4), 2511-2522.
- Demirbilek, M., ve Demirbilek, S. Ö. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliği Anlayışının Endüstri 4.0 Kapsamında Değişimi. *Multidisipliner Yaklaşımlarla Endüstri 4.0*, 139.
- Duman, İ. (2021). *İnşaat sektöründe risklerin yapay sinir ağı ile değerlendirilmesi* [İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü].
- Ertürk, Y. ve Ertuğrul, Ö. (2023). Meyve Yetiştiriciliğinde Yapay Zeka Uygulamaları. H. Ögütçü & M. Y. E. Karaman (Der.). *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanlarına Güncel Bakış*, içinde (ss. 75-119). Ankara. Platanus Publishing.
- Eryaman, H., ve Ertan, A. (2023). Yapılarda Yüksekte Çalışma İş Güvenliği Denetimini Kolaylaştırmak İçin Genişletilmiş Gerçeklik ve Yapay Zekânın Entegrasyonu Modeli. *Turkish Journal of Civil Engineering*, 34(4).
- Eti, S., ve Gökalp, Y. (2023). Sağlık Kurumlarında İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarında Yapay Zekanın Rolü. *Sağlık Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği*, 75.
- Fang, W., Wu, D., Love, P. E., Ding, L., ve Luo, H. (2022). Physiological computing for occupational health and safety in construction: Review, challenges and implications for future research. *Advanced Engineering Informatics*, 54, 101729.
- Fenton, K., ve Simske, S. (2021). Engineering of an artificial intelligence safety data sheet document processing system for environmental, health, and safety compliance. *Proceedings of the 21st ACM Symposium on Document Engineering*.
- Fetzer, J. H., ve Fetzer, J. H. (1990). *What is Artificial Intelligence?* Springer.

- Fisher, E., Flynn, M. A., Pratap, P., ve Vietas, J. A. (2023). Occupational Safety and Health Equity Impacts of Artificial Intelligence: A Scoping Review. *International journal of environmental research and public health*, 20(13), 6221.
- Gür, Y. E., Ayden, C., ve Yücel, A. (2019). Yapay zekâ alanındaki gelişmelerin insan kaynaklari yönetimine etkisi. *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3(2), 137-158.
- Haas, E., ve Cecala, A. (2017). Quick fixes to improve workers' health: Results using engineering assessment technology. *Mining engineering*, 69(7), 105.
- Haas, E. J., Cecala, A. B., ve Hoebbel, C. L. (2016). Using dust assessment technology to leverage mine site manager-worker communication and health behavior: a longitudinal case study. *Journal of progressive research in social sciences*, 3(1), 154.
- Han, K., ve Zeng, X. (2021). Deep learning-based workers safety helmet wearing detection on construction sites using multi-scale features. *IEEE Access*, 10, 718-729.
- Hasle, P., ve Limborg, H. J. (2006). A review of the literature on preventive occupational health and safety activities in small enterprises. *Industrial health*, 44(1), 6-12.
- Hayat, A., ve Morgado-Dias, F. (2022). Deep learning-based automatic safety helmet detection system for construction safety. *Applied Sciences*, 12(16), 8268.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., ve Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*,
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American journal of industrial medicine*, 62(11), 917-926.
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., ve Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*,
- Janiesch, C., Zschech, P., ve Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(3), 685-695.
- Jarota, M. (2021). Artificial intelligence and robotisation in the EU-should we change OHS law? *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 16(1), 1-8.
- Jarota, M. (2023). Artificial intelligence in the work process. A reflection on the proposed European Union regulations on artificial intelligence from an occupational health and safety perspective. *Computer Law ve Security Review*, 49, 105825.
- Keçeci, Ş. (2019). Case Study Analysis; Risk Perception and Unsafe Behaviors in Occupational Health and Safety. *International Journal on Lifelong Education and Leadership*, 5(1), 1-4.

- Kim, M. H., Shin, S. W., ve Suh, Y. Y. (2019). Application of deep learning algorithm for detecting construction workers wearing safety helmet using computer vision. *Journal of the Korean Society of Safety*, 34(6), 29-37.
- Kim, S. H., Wang, C., Min, S. D., ve Lee, S. H. (2018). Safety helmet wearing management system for construction workers using three-axis accelerometer sensor. *Applied Sciences*, 8(12), 2400.
- Kim, Y., ve Choi, Y. (2022). Smart helmet-based proximity warning system to improve occupational safety on the road using image sensor and artificial intelligence. *International journal of environmental research and public health*, 19(23), 16312.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., ve Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25, 1097-1105.
- Kwak, N., ve Kim, D. (2022). A study on Detecting the Safety helmet wearing using YOLOv5-S model and transfer learning. *International Journal of Advanced Culture Technology*, 10(1), 302-309.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., ve Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business ve information systems engineering*, 6, 239-242.
- Lee, J.-Y., Choi, W.-S., ve Choi, S.-H. (2023). Verification and performance comparison of CNN-based algorithms for two-step helmet-wearing detection. *Expert Systems with Applications*, 225, 120096.
- Lee, P., Kim, H., Zitouni, M. S., Khandoker, A., Jelinek, H. F., Hadjileontiadis, L., . . . Jeong, Y. (2022). Trends in smart helmets with multimodal sensing for health and safety: scoping review. *JMIR mHealth and uHealth*, 10(11), e40797.
- Li, N., Lyu, X., Xu, S., Wang, Y., Wang, Y., ve Gu, Y. (2020). Incorporate online hard example mining and multi-part combination into automatic safety helmet wearing detection. *IEEE Access*, 9, 139536-139543.
- Li, P., Meziane, R., Otis, M. J.-D., Ezzaidi, H., ve Cardou, P. (2014). A Smart Safety Helmet using IMU and EEG sensors for worker fatigue detection. 2014 IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE) Proceedings,
- Lingard, H. (2013). Occupational health and safety in the construction industry. *Construction management and economics*, 31(6), 505-514.
- Michalski, R. S., Carbonell, J. G., ve Mitchell, T. M. (2013). *Machine learning: An artificial intelligence approach*. Springer Science ve Business Media.

- Min, J., Kim, Y., Lee, S., Jang, T.-W., Kim, I., ve Song, J. (2019). The fourth industrial revolution and its impact on occupational health and safety, worker's compensation and labor conditions. *Safety and health at work*, 10(4), 400-408.
- Mitchell, T. M. (2006). *The discipline of machine learning* (Vol. 9). Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Machine Learning
- Mohammadi, H., Rabiei, H., ve Dehghan, S. F. (2023). Emerging technologies in occupational health and safety. *Frontiers in Public Health*, 11, 1117396.
- Montero, M. J., Araque, R. A., ve Rey, J. M. (2009). Occupational health and safety in the framework of corporate social responsibility. *Safety science*, 47(10), 1440-1445.
- Motorcu, A., ve Murat, B. (2021). Yeni İş Yeri Riskleri Ve Yapay Zekânın İş Sağlığı Ve Güvenliğinde Kullanımı.
- Nath, N. D., ve Behzadan, A. H. (2020). Deep learning detection of personal protective equipment to maintain safety compliance on construction sites. Construction Research Congress 2020,
- Nath, N. D., Behzadan, A. H., ve Paal, S. G. (2020). Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment. *Automation in Construction*, 112, 103085.
- Ongsulee, P. (2017). Artificial intelligence, machine learning and deep learning. 2017 15th international conference on ICT and knowledge engineering (ICTveKE),
- Ozguntalay-Ertugrul, G., Ertugrul, O., ve Degirmencioglu, A. (2019). Determination of agricultural mechanization level of Kirsehir province using geographical information systems (GIS) *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 72(8).
- Öz, E., Ertugrul Özguntalay, G., ve Öz, H. (2023). Medyada yayınlanan traktor kazar haber içeriklerinin resmi istatistiklere uyumunun değerlendirilmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliğinde Güncel Araştırmalar*, Akademisyen Yayınevi, 89-104.
- Özguntalay Ertugrul, G., Öz, E., ve Ertugrul, Ö. (2022). Tarım Traktörleri Kazaları ve Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi İlişkisi: Türkiye Örneği. *Tarımsal Perspektif. Iksad Publications*, 289-305.
- Öz, E. ve Özguntalay Ertugrul, G. (2016). İleri Yaşlı Çiftçilerin Tarımsal İş Güvenliğine Yaklaşımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 221-227.
- Öztürk, A. Ö. (2020). *Endüstri 4.0 ile iş sağlığı ve güvenliği* [İstanbul Rumeli Üniversitesi].
- Özüağ, S., ve Ertugrul, Ö. (2022). *An Automatic Helmet Detection Based on Densenet201 Features for Occupational Healt and Safety*. 2nd Ahi Evran International Conference on Scientific Research 21-23 October 2022 Kirsehir.

- Padmini, V. L., Kishore, G. K., Durgamalleswarao, P., ve Sree, P. T. (2020). Real time automatic detection of motorcyclists with and without a safety helmet. 2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC),
- Palaniappan, K., Kok, C. L., ve Kato, K. (2021). Artificial intelligence (AI) coupled with the internet of things (IoT) for the enhancement of occupational health and safety in the construction industry. *Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conferences on Human Factors in Software and Systems Engineering, Artificial Intelligence and Social Computing, and Energy*, July 25-29, 2021, USA,
- Perera, S., Paton-Cole, V., Gao, S., Francis, V., Urhal, P., Manu, P., . . . Babalola, A. (2023). Artificial intelligence for occupational health and safety management in construction: A systematic review. *Handbook of Construction Safety, Health and Well-being in the Industry 4.0 Era*, 154-168.
- Pishgar, M., Issa, S. F., Sietsema, M., Pratap, P., ve Darabi, H. (2021). REDECA: a novel framework to review artificial intelligence and its applications in occupational safety and health. *International journal of environmental research and public health*, 18(13), 6705.
- Polak-Sopinska, A., Wisniewski, Z., Walaszczyk, A., Maczewska, A., ve Sopinski, P. (2020). Impact of industry 4.0 on occupational health and safety. *Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control: Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Aspects of Advanced Manufacturing, and the AHFE International Conference on Advanced Production Management and Process Control*, July 24-28, 2019, Washington DC, USA 10,
- Redmon, J., ve Farhadi, A. (2017). YOLO9000: better, faster, stronger. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*,
- Robson, L. S., Clarke, J. A., Cullen, K., Bielecky, A., Severin, C., Bigelow, P. L., . . . Mahood, Q. (2007). The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: a systematic review. *Safety science*, 45(3), 329-353.
- Sa-ngiamsak, T., Zlatar, T., ve Thetkathuek, A. (2022). Artificial Intelligence Marvelous Approach for Occupational Health and Safety Applications in an Industrial Ventilation Field: A Short-systematic Review. *Occupational and Environmental Safety and Health IV*, 529-540.

- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., ve Chen, L.-C. (2018). Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition,
- Shen, J., Xiong, X., Li, Y., He, W., Li, P., ve Zheng, X. (2021). Detecting safety helmet wearing on construction sites with bounding- box regression and deep transfer learning. *Computer- Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 36(2), 180-196.
- Shikdar, A. A., ve Sawaqed, N. M. (2003). Worker productivity, and occupational health and safety issues in selected industries. *Computers ve industrial engineering*, 45(4), 563-572.
- Shinde, P. P., ve Shah, S. (2018). A review of machine learning and deep learning applications. 2018 Fourth international conference on computing communication control and automation (ICCUBEA),
- Soylu, E., ve Soyly, T. (2021). Classification of People Both Wearing Medical Mask and Safety Helmet. The International Conference on Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering,
- Stellman, J. M. (1998). *Encyclopaedia of occupational health and safety* (Vol. 1). International Labour Organization.
- Szegedy, C., Ioffe, S., Vanhoucke, V., ve Alemi, A. (2017). Inception-v4, inception-resnet and the impact of residual connections on learning. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence,
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., ve Wojna, Z. (2016). Rethinking the inception architecture for computer vision. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition,
- Szegedy, C., Zaremba, W., Sutskever, I., Bruna, J., Erhan, D., Goodfellow, I., ve Fergus, R. (2013). Intriguing properties of neural networks. *arXiv preprint arXiv:1312.6199*.
- Şahin, M. E., ve Topaloglu, İ. (2021). Endüstri 4.0’ın İş Sağlığı ve Güvenliğine Katkıları ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Risk Değerlendirme Metoduyla Ambulansta Bir İnceleme. *Takvim-i Vekayi*, 9(2), 66-94.
- Şekerli, Y., ve Keskin, M. (2018). Causal Factors in Thresher Accidents in Turkey. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 76-84.
- Tamers, S. L., Streit, J., Pana- Cryan, R., Ray, T., Syron, L., Flynn, M. A., . . . Guerin, R. (2020). Envisioning the future of work to safeguard the safety, health, and well- being of the workforce: A perspective from the CDC's National Institute for Occupational Safety and Health. *American journal of industrial medicine*, 63(12), 1065-1084.

- Tan, Y. H., Hitesh, A., ve Li, K. H. H. (2021). Application of machine learning algorithm on mems-based sensors for determination of helmet wearing for workplace safety. *Micromachines*, 12(4), 449.
- Tavares, A., Di Lorenzo, E., Peeters, B., Coppotelli, G., ve Silvestre, N. (2021). Damage detection in lightweight structures using artificial intelligence techniques. *Experimental Techniques*, 45(3), 389-410.
- Todoli-Signes, A. (2021). Making algorithms safe for workers: occupational risks associated with work managed by artificial intelligence. *Transfer: European Review of Labour and Research*, 27(4), 433-452.
- Ulubeyli, S., Arslan, V., ve Kivrak, S. (2015). A semiotic analysis of cartoons about occupational health and safety issues in the construction workplace. *Construction management and economics*, 33(5-6), 467-483.
- Wang, J., Zhu, G., Wu, S., ve Luo, C. (2021). Worker's helmet recognition and identity recognition based on deep learning. *Open Journal of Modelling and Simulation*, 9(2), 135-145.
- Warrens, M. J. (2008). On the equivalence of Cohen's kappa and the Hubert-Arabie adjusted Rand index. *Journal of classification*, 25(2), 177-183.
- Winston, P. H. (1984). *Artificial intelligence*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Wu, H., ve Zhao, J. (2018). An intelligent vision-based approach for helmet identification for work safety. *Computers in Industry*, 100, 267-277.
- Yu, W.-D., Liao, H.-C., Hsiao, W.-T., Chang, H.-K., Wu, T.-Y., ve Lin, C.-C. (2022). Real-time Identification of Worker's Personal Safety Equipment with Hybrid Machine Learning Techniques. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 12(3).
- Zanko, M., ve Dawson, P. (2012). Occupational health and safety management in organizations: A review. *International Journal of Management Reviews*, 14(3), 328-344.
- Zimolong, B., ve Elke, G. (2006). Occupational health and safety management. *Handbook of human factors and ergonomics*, 673-707.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı:	Simge ÖZÜAĞ
Uyruğu:	T.C.
ORCID Numarası:	0000-0002-8171-0893

EĞİTİM BİLGİLERİ	
Lisans	
Üniversite:	Bingöl
Fakülte:	Sağlık Bilimleri
Bölümü:	İş Sağlığı ve Güvenliği
Mezuniyet Yılı:	2020
Yüksek Lisans	
Üniversite:	Kırşehir Ahi Evran
Enstitü:	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı:	İş Sağlığı ve Güvenliği
Mezuniyet Yılı:	
Doktora	
Üniversite:	
Enstitü:	
Anabilim Dalı:	
Mezuniyet Yılı:	

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler
Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler
Uluslararası Konferans ve Sempozyumlarda Sunulan Bildiriler Özüağ, S., ve Ertuğrul, Ö. (2022). <i>An Automatic Helmet Detection Based on Densenet201 Features for Occupational Health and Safety</i> . 2 nd Ahi Evran International Conference on Scientific Research 21-23 October 2022 Kırşehir. https://www.ahievranconference.org/files/ugd/614b1f_3d640bc21a0b4915ae746990964bd6bf.pdf Erişim tarihi: 16.07.2024
Ulusal Hakemli Dergilerde Yayınlanan makaleler
Ulusal Konferans ve Sempozyumlarda Sunulan Bildiriler