

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

İbrahim DEVECİ

AKILLI PATLAYICILAR YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ FÜZE VE
MÜHİMMAT SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR
ANALİZ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali KAHRIMAN

İSTANBUL- Ocak 2026

**T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**İbrahim DEVECİ
233003050**

**AKILLI PATLAYICILAR YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ FÜZE VE
MÜHİMMAT SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR
ANALİZ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali KAHRIMAN**

İSTANBUL- Ocak 2026

**T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**İbrahim DEVECİ
233003050**

**AKILLI PATLAYICILAR YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ FÜZE VE
MÜHİMMAT SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR
ANALİZ**

Tezin Enstitüye Teslim Edildiği Tarih: 02.02.2026

Tezin Savunulduğu Tarih: 03.01.2026

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali KAHRIMAN

Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Sadettin BAĞDATLI

İSTANBUL- Ocak 2026

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim süresi boyunca derslerimde emeği geçen bilgi ve tecrübeleriyle bana rehberlik eden sayın hocam, Prof. Dr. Ali KAHRİMAN'a şükranlarımı sunar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan sayın komutanım Yrb. Orkun ÇELİK, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sadettin BAĞDATLI ve kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Çağlar AKAR'a sonsuz teşekkür ederim.

Ocak 2026

İbrahim DEVECİ

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO:

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iv
SUMMARY	v
KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	ix
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 PROBLEM DURUMU VE KONUNUN ÖNEMİ	1
1.2 ARAŞTIRMANIN AMACI.....	1
1.3 ARAŞTIRMA SORULARI	1
1.4 ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ	2
1.5 SINIRLILIKLAR.....	2
BÖLÜM 2 KURAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR	
İNCELEMESİ	4
2.1. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI VE TARİHSEL GELİŞİM.....	4
2.2. AKILLI PATLAYICILAR VE MÜHİMMAT SİSTEMLERİ	6
2.3. AI Destekli Füze ve Mühimmat Sistemlerinin Temel	
Teknolojileri.....	9
2.4. Uluslararası Literatürde Yapay Zekâ ve Savunma Uygulamaları	14
2.5. Türkiye’de Akıllı Mühimmat Gelişimi ve Bilimsel Çalışmalar ...	16
2.6. Akıllı Mühimmat Sistemlerine Küresel ve Ulusal Bakış	19
2.7. Literatürdeki Boşluk ve Araştırmanın Katkısı	25

BÖLÜM 3 YÖNTEM.....	27
3.1. Araştırma Modeli	27
3.2. Veri kaynakları ve kapsama dönemi	27
3.3. Arama stratejisi	28
3.4. Kapsama kriterleri (dahil etme)	28
3.4.1. Hariç tutma kriterleri (dışlama).....	28
3.4.2. Veri toplama ve dışa aktarma prosedürü	28
3.5. Veri temizleme ve ön işleme.....	29
3.6. Analiz araçları.....	30
Geçerlik, güvenirlik ve sınırlılıklar	30
3.7. Etik hususlar	31
3.8. Arama sorguları	31
BÖLÜM 4 BULGULAR	32
4.1 Tanımlayıcı Bulgular	32
4.2. Yayınların Zaman Serisi Dağılımı	33
4.3. En Üretken Yazarlar, Ülkeler ve Kurumlar.....	34
4.4. Ülkelerin Bilimsel Üretimi ve Uluslararası İşbirliği Analizi.....	36
4.5. En Çok Yayın Yapan Dergiler ve Kaynakların Akademik Etki Analizi.....	39
4.6. Atıf Analizi	41
4.7. Anahtar Kelime Eş-Oluşum Analizi	43
4.8. Tematik Harita Analizi.....	46
4.9. Ülkeler Arası Bilimsel İş Birliği Ağı (Country Collaboration Network)	48
4.10. Yazarlar Arası İşbirliği Ağı (Author Collaboration Network) ...	49
BÖLÜM 5 TARTIŞMA	52
BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR.....	61

ÖZET

AKILLI PATLAYICILAR YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ FÜZE VE MÜHİMMAT SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ

Bu çalışma, yapay zekâ destekli akıllı patlayıcılar ve otonom silah sistemlerine ilişkin uluslararası literatürü bibliyometrik yöntemlerle inceleyerek, alanın güncel eğilimlerini, kavramsal kümelenmelerini ve bilimsel üretim ağlarını bütüncül bir çerçevede ortaya koymayı amaçlamaktadır. Web of Science veri tabanından elde edilen 2016–2025 dönemine ait 69 akademik yayın Biblometrix paket programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Yıllık üretim eğilimleri, en etkili yazarlar ve ülkeler, kaynak etkisi, atıf örüntüleri, anahtar kelime eş-oluşum ağları ve tematik haritalar değerlendirilmiştir. Bulgular, literatürün son yıllarda belirgin bir ivme kazandığını, özellikle 2020 sonrası dönemde yayımlanan çalışmaların hem küresel hem yerel atıf düzeylerinde hızla merkezi bir konuma yerleştiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, akıllı mühimmat literatürünün teknik ve mühendislik odaklı yayınlardan ziyade etik, uluslararası hukuk, insancıl normlar ve güvenlik politikaları etrafında şekillendiğini; artificial intelligence (yapay zekâ), autonomous weapons (otonom silahlar) ve international humanitarian law (Uluslararası İnsancıl Hukuk) kavramlarının literatürün kavramsal çekirdeğini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bilimsel üretim coğrafi olarak ABD ve Birleşik Krallık merkezli yoğunlaşmıştır. Avrupa ülkelerinin ise daha yüksek uluslararası iş birliği oranlarına sahip olmuştur. Türkiye'nin sahadaki operasyonel üstünlüğüne karşın akademik literatürdeki görünürlüğünün sınırlı kalması dikkat çekici bir sonuçtur. Bu çalışma, akıllı mühimmat alanındaki disiplinler arası yapıyı sistematik biçimde haritalandırarak, gelecekteki araştırmalar için hem teknik hem normatif eksenlerde önemli açılımlar sunmakta; özellikle etik, hukuki ve yönetim temelli araştırma ihtiyacını vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, akıllı patlayıcılar, otonom silah sistemleri, bibliyometrik analiz, uluslararası insancıl hukuk, askeri etik

Tarih: 03.01.2026

SUMMARY

SMART EXPLOSIVES: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED MISSILE AND AMMUNITION SYSTEMS

The research establishes a complete academic framework of artificial intelligence-based smart explosives and autonomous weapon systems through an international literature bibliometric analysis. The Web of Science database contained 69 scientific publications from 2016 to 2025 which the "Bibliometrix" package analyzed to study annual scientific output and identify leading researchers and nations and their publication sources and their citation behavior and their applied keywords and research domains. The research shows that academic interest in this field has grown substantially since 2020 while new studies from this period have quickly become central elements in worldwide and domestic citation systems. The research findings show that researchers focus on ethical and legal aspects and humanitarian requirements and security concerns but they have not developed any technical engineering solutions. The three fundamental elements which form the basis of this field include artificial intelligence and autonomous weapons and international humanitarian law. Scientific output distribution reveals the United States and United Kingdom as leading producers yet European nations achieve better results in working with international partners. The Turkish military operates advanced unmanned systems and smart munitions through its operational command structure but the number of academic experts in this field remains minimal. The research establishes a complete analytical system through its methodical analysis of smart munitions research fields which demonstrates the requirement for unified solutions which handle both technical and normative aspects of autonomous military systems.

Keywords: Artificial intelligence, smart explosives, autonomous weapon systems, bibliometric analysis, international humanitarian law, military ethics

Date: 03.01.2026

KISALTMALAR

ATR	: Otomatik Hedef Tanıma (Automatic Target Recognition)
AYSM	: Akıllı Yangın Söndürme Mühimmatı
BERT	:Transformer'lardan Çift Yönlü Kodlayıcı Gösterimleri (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)
BM	: Birleşmiş Milletler
CCW	:BM Silahsızlanma bağlamındaki sözleşme (Convention on Certain Conventional Weapons)
CFD	:Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (Computational Fluid Dynamics)
CNN	: Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks)
CPU	: Merkezi İşlem Birimi
DNN	: Derin Nöral Ağ (Deep Neural Networks)
EDF	: Avrupa Savunma Fonu (European Defence Fund)
EH/EW	: Elektronik Harp (Electronic Warfare)
EO/IR	: Elektro-optik / kızılötesi
GNSS	: Küresel uydu seyrüsefer sistemi
GPT	: Önceden Eğitilmiş Üretken Dönüştürücü (Generative Pre-trained Transformer)
GPU	: Grafik İşlem Birimi
IFF	: Dost–Düşman Tanıma
IIR	: Görüntüleyici Kızılötesi
IMU	: Atalet Ölçüm Birimi
INS	: Atalet Seyrüsefer Sistemi
İHA	: İnsansız Hava Araçları
LAWS	:Ölümçül Otonom Silah Sistemleri (Lethal Autonomous Weapons Systems)
LGB	: Lazer Güdümlü Bomba (<i>Laser-Guided Bomb</i>)
MIT	: Massachusetts Institute of Technology

MK-81 / MK-82	: (Seri adı olarak) genel maksat bomba kodları
MMW	: Milimetre dalga (<i>Millimeter Wave</i>)
MPC	: Model Tahminli Kontrol (<i>Model Predictive Control</i>)
PGM	: Hassas Güdümlü Mühimmat (<i>Precision-Guided Munitions</i>)
RHC	: Geriye Dönük Ufuk Kontrolü (<i>Receding Horizon Control</i>)
RNN	: Tekrarlayan Sinir Ağları (<i>Recurrent Neural Networks</i>)
SAR	: Sentetik açıklıklı radar (<i>Synthetic Aperture Radar</i>)
UAV	: İnsansız Hava Aracı (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)
VIO	: Görsel-Ataletsel Odometri (<i>Visual-Inertial Odometry</i>)
YZ	: Yapay Zekâ
XAI	: Açıklanabilir Yapay Zekâ (<i>Explainable AI</i>)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Millî Savunma Bakanlığı AR-GE Merkezinin Ürettiği GAZAP	7
Şekil 2.2. ABD Ordusu ve Deniz Piyadelerinde kullanılan 155mm SMArt Akıllı	9
Şekil 2.3. Baykar Tech tarafından geliştirilen KEMANKEŞ 1 Yapay Zekâ Destekli Mini Seyir Füzesi.....	10
Şekil 2.4. LIG Nex1 geliştirdiği yapay zeka destekli füze.....	11
Şekil 2.5. İran Deniz Kuvvetleri tarafından geliştirilen yapay zeka destekli uzun menzilli seyir füzesi	12
Şekil 2.6. İran Tarafından Geliştirilen Uzun Menzilli Yapay Zeka Destekli Gemisavar Füzesi.....	14
Şekil 2.7. ABD tarafından geliştirilem GBU-31/32 Joint Direct Attack Munitions (JDAM)	20
Şekil 2.8. Birleşik Krallık tarafından geliştirilen Brimstone (missile)	21
Şekil 2.9. İsrail tarafından geliştirilen SPIKE Füzeyle ait kesit.....	22
Şekil 2.10. MAM-L Akıllı Mikro Mühimmat.....	23
Şekil 2.11. Türkiye tarafından geliştirilen MAM-C Akıllı Mikro Mühimmat.....	24
Şekil 2.12. Türkiye tarafından geliştirilen TEBER	25
Şekil 4.1. Yayınların yıllara göre dağılımı	33
Şekil 4.2. En üretken yazarlar şeması	35
Şekil 4.3. Anahtar kelime eş oluşum ağı	44
Şekil 4.4. Tematik harita.....	47

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. En üretken yazarlar	35
Tablo 4.2. Ülkelere göre bilimsel üretim	37
Tablo 4.3. Sorumlu Yazar Dağılımı	37
Tablo 4.4. avrupa ülkeleri bilimsel iş birliği	38
Tablo 4.5. En çok yayın yapan dergiler.....	39
Tablo 4.6. Dergilerin atıf ve etki büyüklükleri.....	40
Tablo 4.7. Yayınların küresel atıf sayılarına göre sıralaması.....	41
Tablo 4.8. Yayınların yerel atıf sayıları	42

BÖLÜM 1 GİRİŞ

1.1 PROBLEM DURUMU VE KONUNUN ÖNEMİ

Yapay zeka savunma teknolojilerinde artık işleri kolaylaştırmaktan fazlasını yapıyor. Yapay zeka askeri düşüncüyü ve kuralları değiştiriyor. Bu dönüşüm özellikle Ölümcül Otonom Silah Sistemleri çerçevesinde belirginleşmekte ve tartışmalar büyük ölçüde insan kontrolünün kapsamı ve sınırları etrafında yoğunlaşmaktadır (Burdette vd.,2025). İnsanlar işin içinde yoksa makineler karar veriyor. Bu da ahlak ve yasa ile ilgili yeni tartışmalara yol açıyor. Ama bu teknoloji ve kural işleri, akademik yazılar bunları tam olarak nasıl işleyecek, bu henüz belli değil (Perrin, 2025; Staufer, 2025). Şimdiye kadar yapılan araştırmalara baktım. Alana dair genel bilgiler veren bibliyometrik çalışmalar çok az. Bu yüzden yapay zekâ destekli silah sistemleri üzerine yazılmış yazılar tam olarak ya da düzenli bir şekilde incelenmemiş.

1.2 ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu çalışmada, yapay zeka ile geliştirilen akıllı mühimmat sistemleri üzerine 2016 ve 2025 yılları arasında yayımlanan akademik makalelerin bibliyometrik haritası sunulmuştur. Bu doğrultuda, ilgili alanda yayımlanan makaleler; yazarlar, kurumlar, ülkeler, dergiler ve anahtar kelimeler temelinde ele alınmakta ve niceliksel analizler ile ağ analizi yöntemleri kullanılarak incelenmektedir. Bu yöntemle yıllara göre yayın sayısı, yapılan ortak çalışmalar ve öne çıkan konular gösterilmek isteniyor. Ayrıca, daha önce pek bakılmamış ya da yeni öne çıkan konulara ulaşmak amaçlanıyor. Böylece, hem akademik alana hem de savunma teknolojileriyle ilgili politika ve strateji tartışmalarına analizle katkı sağlamak isteniyor.

1.3 ARAŞTIRMA SORULARI

Bu çalışmada aşağıdaki araştırma soruları ele alınacaktır:

- YZ destekli akıllı mühimmat sistemleri üzerine yapılan yayınların yıllara göre sayısal gelişimi nasıldır?
- Bu alanda en çok hangi yazarlar, kurumlar ve ülkeler üretim yapıyor?
- Hangi dergiler bu alanda öne çıkmaktadır ve hangi yayın alanları (örneğin mühendislik, savunma çalışmaları, etik/hukuk) baskındır?
- Anahtar kelime eş-oluşum analizine göre literatürde hangi tematik kümeler öne çıkmaktadır ve zaman içinde nasıl bir evrim göstermektedir?
- Etik, hukuk ve insan-makine iş birliği gibi alt konular literatürde ne ölçüde yer almakta ve bu konuların iş birliği/ağ yapıları nasıldır?

1.4 ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Bu çalışma, bu alanda hangi kişiler, kurumlar ve ülkeler daha çok üretim yapıyor ve iş birlikleri nasıl oluşuyor bunu ortaya koyacak. Ayrıca, tematik analiz ile alanın hangi konulara daha çok baktığını ve hangi başlıkların eksik kaldığını görebilirsin. Böylece, ileride yapılacak çalışmalar için yol bulmak daha kolay olur. Savunma teknolojilerini ve politikaları stratejik olarak ele almak, savunma sanayisine odaklanan Türkiye gibi ülkelerde önemli bir değişim sağlayabilir. Böylece, bu çalışma karar vericilere ve politika yapanlara, literatte eksik görülen noktaları göstererek Ar-Ge ve bilim iş birliği ortamlarının gelişmesine yardım etmeyi amaçlıyor.

1.5 SINIRLILIKLAR

Bu çalışma şu kısıtlamalarla yapılmıştır:

- İncelenen yayınlar yalnızca uluslararası bilimsel indeksli veri tabanlarında (Web of Science, Scopus, IEEE Xplore) yer alan makaleleri kapsamaktadır; patentler, teknik raporlar ve sınıflandırılmış savunma belgeleri analiz dışıdır.
- Uygulama alanı yalnızca YZ destekli akıllı mühimmat sistemleri ile sınırlıdır; bu bağlamda daha genel “YZ destekli savunma sistemleri” kapsam dışı bırakılmıştır.
- Anahtar kelimeler ve arama yolları çalışmada birkaç filtre ile sınırlandı. Bu nedenle bazı ilgili yayınlar bulunmamış olabilir.

- Analizler sadece yayınlanan yazılar üzerinden yapılmıştır. Saha çalışmaları ya da askeri operasyon bilgileri bu analizde yer almamıştır.

Bu tez altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş kısmını içerirken; ikinci bölümde kuramsal çerçeve ve literatür incelemesi sunulacaktır. Üçüncü bölüm yöntemi; veri kaynakları, arama stratejileri ve analiz sürecini tanımlayacaktır. Dördüncü bölüm bulguları; yayın eğilimleri, iş birliği ağları, anahtar kelime analizleri, tematik kümeler gibi bibliyometrik sonuçları içerir. Beşinci bölümde tartışma olacak. Burada bulguların, önceki çalışmalarla, Türkiye ile ve savunma teknolojileriyle nasıl bağlantılı olduğu anlatılacak. Altıncı ve son bölümde, sonuçlar yer alacak. Bilimsel ve pratik çıkarımlar burada olacak. Sınırlamalar anlatılacak. Gelecek araştırmalar için öneriler verilecek.

BÖLÜM 2 KURAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI VE TARİHSEL GELİŞİM

Yapay zekâ ile ilgili yazılanlara baktığımda, insanlar yapay zekânın ne olduğunu ve neyi içerdiğini tam olarak aynı şekilde düşünmüyor. Bu durumun ana sebebi, yapay zekanın sadece teknik bir şey olmaması. Yapay zeka felsefe ile de ilgilidir. Yapay zeka pek çok alanı bir araya getirir (Russell & Norvig, 2021; Haenlein & Kaplan, 2019). Son yirmi yılda derin öğrenme ve büyük veri, yapay zekayı çok daha güçlü yaptı. Bu gelişmeler, bugün yapay zekanın ne anlama geldiğini de değiştirdi (Jordan, 2019; Andújar vd. ,2025). Bu gelişmeleri anlamak için yapay zeka geçmişini bilmek gerekir. Orta Çağ'da insanlar makineler yaparken kendi hareketlerine benzer işler yapmaya çalıştı. Rönesans zamanında insanlar, makinelerle insanlar arasındaki bağlantıya daha açık ve mantıklı bir şekilde baktı (Grace vd. ,2025). Söz konusu düşünsel dönüşümün temelleri ise modern hesaplama kuramını mümkün kılan yaklaşımlara dayanmaktadır. George Boole'un ikili mantık sistemi, düşüncenin matematiksel olarak temsil edilebileceğini ortaya koymuş; Gottfried Wilhelm Leibniz'in insan aklını formel bir yapıya indirgeme çabası ise hesaplanabilirlik fikrini güçlendirerek yapay zekâ çalışmalarının kuramsal zeminini oluşturmuştur (Doğan, 2022; Dignum, 2023).

Yirminci yüzyılda dijital dönüşümün düşünce dünyası üzerindeki etkisini şekillendiren en önemli çalışmalar arasında Alan Turing'in 1950 yılındaki çalışması bulunur. Turing, bugün derin öğrenme ve kendi kendine çalışan sistemler gibi teknolojilerin ortaya çıkmasına yol açtı (Turing, 1950; Floridi & Chiriatti, 2020). Otonomi burada sadece teknik bir özellik olarak görülmemeli. Otonomi, düşünce ve kuram ile birlikte değerlendirilmesi gereken bir konu. Otonom sistemler, algılama, karar verme ve harekete geçme adımlarını beraber yürütüyor. Bu da insan ile makine arasındaki ilişkiyi değiştiriyor. Bu tür sistemlerde insanlar karar vermez. İnsanlar sistemi takip eder ve kontrol altında tutar. Yani, sistem belli bir ölçüde kendi kendine

çalışır. Bu fikir ilk kez 1956'da yapılan Dartmouth Konferansı'nda yapay zekâ konuşulunca ortaya çıkar. Makinelerin akıllı hareket etmesi, bugün kendi başına çalışan sistemlerle ilgili konuşmaların tam ortasında yer alır (Nilsson, 2009; Pickover, 2024).

Herbert A. Simon'un sınırlı rasyonellik fikri ve karar verme üzerine yaptığı işler, yapay zekanın insan davranışını anlaması ve bu davranışı taklit etmesinin yolunu açtı. Simon ve Newell'in yaptığı Logic Theorist ve General Problem Solver programları, insanın problem çözme yollarını bilgisayar ile gösterebilen ilk örneklerdendir (Simon ve Newell, 1958). Bu çalışmalar, yapay zekâyâ sadece mühendislik gözüyle bakmamıza engel oldu. Yapay zekâ şimdi bilişsel bilimlerle birlikte büyüyen bir araştırma alanı oldu. Matematik, felsefe, beyin bilimi, dil bilimi ve ekonomi gibi farklı alanlardan gelen düşünceler, yapay zekâyı geliştirmiş. Bu düşünceler, insan zekasını anlamak için bir bakış açısı sağlamış (Dignum, 2023; Dwivedi vd.,2023).

2000'li yıllardan sonra yapay zekâ çalışmaları farklı bir yol almıştır. Bilgisayarlar hızlanmış ve büyük veri için yeni yollar bulunmuştur. Derin öğrenme artık daha çok kullanılıyor. Tüm bu yenilikler yapay zekâda ikinci büyük değişimi başlattı. Bu dönem, sembolle çalışan sistemlerden sayı ve veriye bakan modellere geçişi gösteriyor (Jordan, 2019). Özellikle 2010 sonrası dönemde grafik işlem birimlerinin (GPU) paralel hesaplama kapasitesi, derin sinir ağlarının eğitilmesini mümkün kılmış; bu durum, görüntü işleme, doğal dil anlama, ses tanıma ve otonom sistemler gibi alanlarda YZ'nin performansını radikal biçimde artırmıştır (Dwivedi et al. ,2023).

Derin öğrenme, klasik makine öğrenmeden ayrılır. Derin öğrenme, çok katmanlı sinir ağları ile çalışır. Derin öğrenme, verideki bilgileri her katmanda tek tek bulur. Bu yöntem, karışık yapıları daha iyi anlamamıza yardımcı olur. 2012'de AlexNet, ImageNet yarışmasını kazandı. Bu olay, bugün bildiğimiz yapay zekanın ilk adımı olarak geçiyor (Krizhevsky, Sutskever ve Hinton, 2012). Bu dönemde doğal dil işleme alanında geliştirilen Transformer tabanlı modeller (ör. BERT, GPT, T5) dil anlama, çeviri ve metin üretiminde insan düzeyine yakın performans göstermeye başlamış; yapay zekâ sistemlerinin sadece bilgi işleyen değil, yaratıcı üretim gerçekleştirebilen yapılar hâline geldiğini göstermiştir (Vaswani vd. ,2017; Liang vd. ,2022) .

Yapay zekâ son yıllarda çok hızlı ilerledi. Savunma, sağlık, finans, ulaşım, hukuk ve eğitim gibi birçok alanda önemli değişiklikler yaşandı. Savunma sanayisinde, otonom insansız hava araçları, gelişmiş hedef tanıma sistemleri, lojistik süreçlerin daha iyi yönetilmesi ve siber savunma çözümleri, yapay zekânın en çok kullanıldığı alanlar arasında yer alır (Nancy vd.,2025; Gilbert & Gilbert, 2024). Ama şimdi insanlar kararları makinelerin almasına daha çok izin veriyor. Algoritmalar tek başına çalışabiliyor. Bu yüzden etik, hukuk ve güvenlik konuları daha fazla konuşuluyor (Dignum, 2023; Floridi, 2020). Bugün yapay zeka eskiden basit işleri yapıyordu. Şimdi ise farklı alanlarda üretken modeller ve büyük dil modelleri daha çok kullanılıyor. Bu değişim, insan ve makine arasındaki konuşmayı tamamen değiştiriyor. İnsanlar, düşünme, sorumluluk ve kontrol gibi konularda etik olarak tekrar düşünmeli (Russell, 2022; OpenAI, 2024).

2.2. AKILLI PATLAYICILAR VE MÜHİMMAT SİSTEMLERİ

Akıllı mühimmatlar, klasik mühimmatlardan ayrılır. Akıllı mühimmatlar, hedefi bulur ve kendi başına ne yapacağını seçer. Akıllı mühimmatlar, tüm bu işlemleri kendi içinde yapar. Bu nedenle akıllı mühimmatlar, birden çok sisteme sahip olur. Bu mühimmatlar yalnızca mekanik parçalardan oluşmaz. Elektronik ve dijital parçalar da vardır. Hedefe giderken yerini ayarlar ve etkiyi artırır (Defense Primer, 2025). Bu yüzden akıllı mühimmat sadece taşıyan bir parça değil, karar veren bölümleriyle tam bir sistem olarak düşünülmeli. Navigasyon sistemleri, otomatik hedef bulma ve bazı platformlarda görev sırasında hedefi yeniden seçme imkanı, bu mühimmatları klasik sistemlerden ayırıyor (Defense Primer, 2025).

Yeni akıllı mühimmatlar savaşı net bir şekilde değiştiriyor. GPS ve ataletsel seyrüsefer sistemleri lazer ya da kızılötesi güdüm ve sensörle hedef tanıma ile beraber kullanılırsa, vuruş oranı artar. Bu durum askeri operasyonlarda daha iyi sonuçlar getirir ve bazen çevreye veya sivillere verilen zararı düşürür (Hoehn & Ryder, 2020). Vurucu safhada, görüntü tanıma ve karar vermek için geliştirilen yeni mühimmat sistemleri, yapay zeka ile yapılan çözümlerin mühimmat tasarımında daha çok kullanılmasına neden olur (Jiang vd. ,2023). Bu yüzden akıllı mühimmatları tek başına bir silah olarak görmek doğru olmaz. Akıllı mühimmatlar bazı kararları sisteme bırakır. Bu askeri alanda farklı bir bakış açısı getirir.



Şekil 2.1. Millî Savunma Bakanlığı AR-GE Merkezinin Ürettiği GAZAP
(<https://www.msb.gov.tr/SlaytHaber/9bf36f7d205048aea5fbaa9094eb17a3>)

Akıllı mühimmatların operasyonel performansı, çok katmanlı bir teknik mimariye dayanmaktadır ve bu mimari sensörler, rehberlik algoritmaları ile iletişim ve veri aktarım bileşenlerinin eşgüdümlü çalışmasıyla şekillenmektedir. Bu sistemler savaşta doğru yeri bulur, doğru hedefi seçer ve karar verir. Bu bağlamda akıllı mühimmatların başlıca teknik bileşenleri aşağıdaki başlıklar altında ele alınmaktadır. Navigasyon ve rehberlik sistemleri, akıllı mühimmatlar için en önemli işi yapar. Küresel uydu seyrüsefer sistemleri (GNSS) ile atalet ölçüm birimleri (IMU/INS), mühimmatın uçuş sürecinde konum ve yönelim bilgisini sağlamaktadır. Ancak elektronik harp faaliyetleri veya GNSS-denial koşullarında bu sistemlerin tek başına yeterli olmadığı görülmektedir. Bu ortamlarda görsel atıl çözümler, görsel ya da işitsel odometri yöntemleri ve ara faz datalink destekleri çok önemli olmaya başlıyor. Ayrıca GPS, kızılötesi görüntüleme (IIR) ve radar gibi birden fazla rehberlik modunun birlikte kullanılması, sistem dayanıklılığını ve görev başarısını artırmaktadır (Banasik, 2021).

İleri seyrüsefer ve arama sistemleri, mühimmatın hedefe varmasında büyük rol oynar. Termal görüntüleme ile çalışan kızılötesi arayıcılar, lazerle yönlendirilen sistemler ve milimetre dalga radarlar hedefleri hızlıca bulur. Bu sensörler topladığı

görüntü ve sinyal verilerini otomatik hedef tanıma ile birlikte inceler. Bu şekilde mühimmat, menzildeki hedefleri tanıyabilir ve benzerleri arasından ayırt edebilir (Jiang vd. ,2023). Makine öğrenmesi otomatik hedef seçimi için kullanılırsa, akıllı mühimmatlar hedefleri daha iyi bulur. Derin öğrenme tabanlı evrimsel sinir ağları (CNN), tekrarlayan sinir ağları (RNN) ve Transformer mimarileri; elektro-optik/kızılötesi (EO/IR), sentetik açıklıklı radar (SAR) ve milimetre dalga (MMW) verilerinden hedef sınıflandırma konusunda kayda değer ilerlemeler sağlamıştır. Ama yine de yanlış pozitif oranı düşse bile veride çeşitlilik azdır (Remusati vd. ,2024).

Sensör füzyonu ve karar katmanları, farklı sensörlerden gelen verileri toplar ve sistemin daha iyi çalışmasına yardım eder. Görsel, radar ve sinyal verilerini birlikte kullanmak, algılamayı daha iyi yapar. Bu yol, Global Navigasyon Uydu Sisteminin iyi çalışmadığı yerlerde yolu bulmayı ve yönlendirmeyi daha güvenli yapar. Ayrıca, görev için tanımlanan karar kuralları ile hedefler önce gelir. Çatışma kuralları uygun hedefi bulmayı sağlar. Operasyonel kısıtlamalar ise sistemli şekilde uygulanır (Zhou vd.,2025). Akıllı silah sistemleri kolayca iletişim kurar, veri paylaşır ve görev sırasında hedefini değiştirebilir. Bu yüzden akıllı silah sistemleri daha geniş bir hareket alanı sunar. İki yönlü veri bağlantıları ile operatör onayı alındığında ya da sahadaki şartlar değiştiğinde hedef bilgilerini güncellemek mümkün olur. Askerler savaş alanına daha hızlı uyum sağlar. Ama iletişim altyapısı elektronik saldırılara ve bağlantı kopmalarına açık olduğu için sistem güvenliğiyle ilgili yeni riskler oluşur (McCue vd.,2023).

Teknolojik eğilimler arasında explainable AI (açıklanabilir modeller) ve güvenilebilirlik (robustness/ADVERSARIAL RESISTANCE) yükselen önceliklerdendir; askeri uygulamalarda yanlış sınıflandırmanın sonuçları çok yüksek maliyetler doğurabileceği için, ATR çözümlerinin şeffaf, doğrulanabilir ve test edilebilir olması gerekmektedir (Zou vd.,2022). Son on yıl ve özellikle 2022 sonrası dönemde, loitering munitions ve düşük maliyetli FPV (First-Person View) saldırı dronları, taktik seviye savaş sahasını dönüştürmüştür. Rusya-Ukrayna çatışması, küçük ölçekli loitering/FPV projelerin kitlesel üretim ve sahada etkin kullanımını sergileyerek bu sınıfların savaş dinamiklerinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermiştir; operatör-güdümlü FPV drone'lar, hava savunma sistemlerini yorarak değerli hedeflere düşük maliyetle saldırabilmektedir (Kunertova, 2023; Nistorescu, 2024). Bununla birlikte,

yüksek teknoloji ürünü PGMs daha stratejik hedeflere karşı hassas vurucu seçenekler sunar; modern PGMs, GNSS-uyarılara dirençli navigasyon ve son fazda görüntü tabanlı tanıma gibi özelliklerle donatılmaktadır (Hoehn ve Ryder, 2020).



Şekil 2.2. ABD Ordusu ve Deniz Piyadelerinde kullanılan 155mm SMART Akıllı Mühimmat (<https://www.gdots.com/munitions/artillery/155mm-smart/>)

Akıllı mühimmatların fiyatı ve ne kadar işe yaradıkları, gelişmiş güdümlü silahlar ile ucuz gezinen mühimmatlar için farklı şekilde düşünülür. PGM’ler pahalı ama artık elektronikler ucuz ve küçük. Ticari sensörler de almak kolay ve ucuz. Bu yüzden küçük dolaşan mühimmatlar ve FPV sistemler sahada daha çok var. Bu durum klasik hava savunma ile lojistik planlarını etkiliyor. Sanayide parça satışı yükseldi. Yeni tedarikçiler çıktı. Sivil ve askeri alanlar iç içe geçti. Böyle olunca risk arttı (Kahn ve Horowitz, 2023).

2.3. AI DESTEKLİ FÜZE VE MÜHİMMAT SİSTEMLERİNİN TEMEL TEKNOLOJİLERİ

Yapay zeka ile çalışan füze ve mühimmat sistemleri, normalde olan güdüm ve kontrol yapısına derin öğrenme, bilgisayarla görme ve kendi kendine karar verme özelliklerini ekler. Bu sistemler, insanın başrolde olduğu komuta yapısından, veriyle çalışan otomatik sistemlere geçişi anlatır (Rashid vd.,2023). Bu sistemler, savaş

sırasında hızlı karar veren ve hedef seçimi ya da görevlerde insan desteği gerekmeden çalışan araçlar üretmeyi hedefler. YZ tabanlı mühimmat teknolojileri, modern sensör ağları, büyük veri altyapısı, radar-optik füzyon, makine öğrenmesi temelli hedef tanıma (Automatic Target Recognition, ATR) ve uçuş planlama algoritmalarını içeren bütüncül bir yapıya sahiptir (Jiang vd.,2023).



Şekil 2.3. Baykar Tech tarafından geliştirilen KEMANKEŞ 1 Yapay Zekâ Destekli Mini Seyir Füzesi (<https://baykartech.com/tr/uav/kemankes/>)

Yapay zeka ile çalışan füze ve mühimmat sistemleri, normalde olan güdüm ve kontrol yapısına derin öğrenme, bilgisayarla görme ve kendi kendine karar verme özelliklerini ekler. Bu sistemler, insanın başrolde olduğu komuta yapısından, veriyle çalışan otomatik sistemlere geçişi anlatır (Rashid vd.,2023). Bu sistemler, savaş sırasında hızlı karar veren ve hedef seçimi ya da görevlerde insan desteği gerekmeden çalışan araçlar üretmeyi hedefler. YZ tabanlı mühimmat teknolojileri, modern sensör ağları, büyük veri altyapısı, radar-optik füzyon, makine öğrenmesi temelli hedef tanıma (Automatic Target Recognition, ATR) ve uçuş planlama algoritmalarını içeren bütüncül bir yapıya sahiptir (Jiang vd.,2023).



Şekil 2.4. LIG Nex1 geliştirdiği yapay zeka destekli füze
(<https://ssbulten.com.tr/gundem/detay/guney-koreden-yapay-zeka-destekli-fuze-hamlesi--2268>)

Yapay zeka kullanarak çalışan füze sistemleri, füzenin yolunu seçer. Tehlikeleri kontrol eder. Hedefi önce alır ve çarpışmanın önüne geçer. Bu amaçla kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri üç ana grupta toplanabilir (Morales ve Escalante, 2022; Sharifani ve Amini, 2023). Denetimli öğrenme (Supervised Learning): Radar veya görüntü verilerinden etiketli hedef sınıflarını öğrenmek için kullanılır. Takviyeli öğrenme, füze için en iyi yolu bulmak ve füzeyi çevrede hızlıca hareket ettirmek için kullanılır. Derin takviyeli öğrenme (Deep Reinforcement Learning): Özellikle uçuşta karar verme (in-flight decision making) süreçlerinde kullanılır; sistem çevreden gelen geri bildirimlerle sürekli olarak yeni durum-eylem politikaları geliştirir.

Bu algoritmalar, değişik savaş alanlarında etkili olan akıllı silahlar yapmak için kullanılır. Geri beslemeli ufuk kontrolü ve model öngörülü kontrol, mühimmat hedefe giderken birden çok yol arasından en iyi olanı bulmasına yardım eder (Chen vd.,2024). Hedef tanıma sistemleri ise yapay zekânın savunma uygulamalarında en yoğun biçimde

kullanıldığı alanlar arasında yer almakta; derin öğrenme tabanlı görüntü sınıflandırma algoritmaları, örneğin YOLOv8 ve EfficientNet gibi modeller, gerçek zamanlı sahne algılama görevlerinde kullanılarak mühimmatın çevresini algılayabilmesini sağlamaktadır. Bu yüzden mühimmat, dost ve düşman ayırma, hedefin kimliğini kontrol etme ve sivilleri ayırma gibi önemli işlerini kendi işlemcisiyle yapabiliyor (Jiang vd.,2023). Bu yetenekleri tamamlayan bir başka önemli şey de görsel ataletli navigasyon teknolojileridir. Görüntü akışı verileri ile atalet sensörü verilerini derin öğrenme ile bir araya getirmek, GPS sinyali olmadığında ya da kesildiğinde mühimmatın yerini daha doğru tespit etmeye yardımcı olur (Borodacz & Szczepański, 2024).



Şekil 2.5. İran Deniz Kuvvetleri tarafından geliştirilen yapay zeka destekli uzun menzilli seyir füzesi (<https://m5dergi.com/one-cikan/iran-yapay-zeka-destekli-yeni-seyir-fuzesi-abu-mehdiyi-tanitti/>)

Yapay zeka kullanan mühimmatlar bazen insanlar kontrol eder, bazen kendileri karar verir. Demoret 2024. Bugünlerde çoğu uygulama human-on-the-loop modelini kullanır. Son kararı bir insan operatör onaylar. Uçuş kontrol algoritmaları, derin sinir ağları ve bulanık mantık kullanan sistemlerle bir araya geldi. Bu yüzden sistem, rüzgar yönü değişikliği, elektromanyetik etki veya hedefin yön değiştirmesi gibi dış etkenleri algılar

ve uçuş ayarlarını buna göre yapar (Pabitha vd.,2025). Yapay zeka ile çalışan kontrol sistemi, füze üzerindeki sensör ve hareket ettirici arasında olan döngüyü sürekli geliştirir. Bu sistem daha az enerji kullanır ve füze hedefe yaklaşırken daha iyi odaklanır.

Yeni nesil mühimmat sistemlerinde iki yönlü veri bağlantısı, hedef değişince ya da görev iptal olunca bunu mümkün kılar. Bu sistemlerde yapay zeka algoritmaları, yeni gelen istihbarat verilerini inceler ve uçuş planını tekrar en iyi şekilde ayarlar. Sürü zekâsı mühimmat sistemlerine eklendiğinde, birden çok mühimmat birlikte ve uyumlu olarak hedefe gidebilir (Yeom, 2022). Yapay zeka ile çalışan mühimmat sistemlerinde algoritmaların güvenilir olması sadece sistemin çalışmasına bağlı olmaz. Etik ve hukuki sorumluluklar da bu noktada büyük önem taşır. Yanlış veri girilirse, görsel tanıma sistemleri yanlış hedefleri bulur. Bu nedenle askeri sistemlerde explainable AI (XAI) ve robust AI araştırmaları giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Atakishiyev vd.,2024). Şu anda bu alanda insanlar, kararların nasıl verildiğini açık bir şekilde gösteren açıklanabilir otonomi yolları arıyor. Böylece operatörler, sistemin hangi verilerle hangi kararı verdiğini görebilir. Uluslararası hukukta da hesap verebilirlik kuralı yerine gelir (Dignum, 2023; Floridi, 2020).



Şekil 2.6. İran Tarafından Geliştirilen Uzun Menzilli Yapay Zeka Destekli Gemisavar Füzesi (<https://militaryleak.com/2023/08/07/new-long-range-ai-powered-anti-ship-missile-enters-iran-naval-forces/>)

2.4. ULUSLARARASI LİTERATÜRDE YAPAY ZEKÂ VE SAVUNMA UYGULAMALARI

Yapay zekâ, 21. yüzyılın güvenliği üzerinde etkili olan ana teknolojilerden biri olarak uluslararası savunma yazılarında sıkça yer bulmuştur. Bugünün askeri planları sadece güç göstermeye ya da gelişmiş araçlara dayanmaz. Askeri stratejiler artık veriye bakmaya, kendi kararını verebilen sistemlere, birlikte hareket eden yapay zeka ve robot takımlarına, insan ile makine iş birliğine dayanır (Rashid vd.,2023). Uluslararası kaynaklara göre, yapay zeka savunmada iki alanda öne çıkıyor. Birincisi, askeri alanda daha etkili ve güçlü çalışmalar yapmak. İkincisi ise etik, hukuk ve yönetim ile ilgili konular (Alcántara Suárez ve Monzon Baeza, 2023). Son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Rusya gibi büyük ülkeler yapay zeka alanında rekabet ediyor. Dünya genelinde yazılan yazılar, bu yarışın askeri alanda üçüncü büyük değişim olarak anlatıyor (Gentile ve diğerleri,2021; Schmidt, 2022).

Amerika Birleşik Devletleri savunma planı yapay zekayı bir güç kaynağı olarak görüyor. Bu teknolojiyi özellikle istihbarat analitiği, otonom sistemler, hedef tespit algoritmaları, siber savunma ile operasyonel komuta-kontrol (C2) entegrasyonlarında yoğun biçimde kullanmaktadır. Pentagon, 2023'te yayımladığı Savunma Yapay Zekâ Yönetmeliği ile bu yaklaşım için kuralları açıkça belirtiyor. Bu belgede, insanı ön plana koyan ve güven veren yapay zeka kuralları yer alıyor. Ölümcül otonom silah sistemlerinde insanın kontrolü elden bırakmaması ana kural olarak görülüyor (Del Toro, 2023; U.S. DoD, 2023).

Çin'e ilişkin stratejik ve akademik yazın ise yapay zekâyı, ordunun yeteneklerini geliştiren ve askeri gücü artıran kritik bir unsur olarak değerlendirmektedir. Çin, insansız sistemler, hedef tanıma, elektronik harp ve karar destek algoritmaları üzerinde sıkı bir şekilde çalışıyor (Masaaki, 2022). Rusya Federasyonu ise yapay zekâyı hibrit savaş stratejilerinin temel bileşenlerinden biri olarak ele almakta; elektronik harp yetenekleri, otonom kara ve hava araçları ile siber güvenlik uygulamalarında bu teknolojiyi giderek daha yaygın biçimde kullanmaktadır. Avrupa'daki güvenlik düzeni 2022'den sonra başka bir hal aldı. Bilim insanları bu dönemde Rusya'nın yapay zekâ destekli askerî gücüne daha çok baktı (Kunertova, 2024; Wells, 2025).

Dünya genelinde, yapay zekâ ile ilgili savunma uygulamaları çoğunlukla bazı teknoloji alanlarında birikiyor. Bu kapsamda insansız hava araçları (İHA/UAV), loitering munitions, otonom kara sistemleri, denizaltı dronları, sürü tabanlı platformlar ve stratejik füze savunmasına yönelik yapay zekâ destekli algılama teknolojileri, en sık ele alınan uygulama alanları arasında yer almaktadır (Gui vd.,2024; Bode vd.,2023). Yapay zekâ, askeri alanda dünyanın her yerinde daha çok kullanılıyor. Bu sadece teknik ya da operasyonel sonuçlar getirmiyor. Bunun yanında bazı etik ve hukuki tartışmalar da ortaya çıkıyor. Akademik çalışmalar genelde Ölümcül Otonom Silah Sistemleri hakkında oluyor. Bu çalışmalar sorumluluk, hesap verme, insanların ne kadar etkili olduğu ve uluslararası insancıl hukukla ilişkisi gibi ana konulara bakıyor (Longpré vd.,2022). Şu anda yapılan çalışmalar, LAWS ile ilgili tartışmaların çoğunun bu konulara döndüğünü gösteriyor. Bazı görüşler, bu sistemlerin savaş hukuku ve etik ile nasıl ele alınacağı konusunda ayrılıyor (Amoroso & Tamburrini, 2021; Vuyk, 2024; Williams, 2021).

İnsan kontrolü, yani anlamlı insan kontrolü, yapay zeka ile çalışan silahlarda insanın karar vermesini savunan bazı çalışmalar var. Hesap verme konusu, yani bir otonom sistem yanlış bir şey yaptığında sorumluluğun kimde olacağı hala belli değil. Komutan mı, operatör mü, üretici mi ya da yazılımcı mı sorumlu olacak, bu açık değil. Ayrım ve orantılılık ilkeleri (Distinction & Proportionality) Cenevre Sözleşmeleri'nin uygulaması açısından YZ tabanlı saldırı kararlarının hukuki değerlendirilmesi önemli bir çalışma alanıdır. Yapay zeka modelleri, sahte görseller ve giriş saldırılarına karşı savunmasız olduğu için askeri alanda güvenilirlik daha çok tartışılıyor. Bu tartışmalar, Birleşmiş Milletler Silahsızlanma Konvansiyonu uzman toplantılarına da yansıyor. Yazılanlara bakınca, ülkelerin bu konuda anlaşılamadığı görülüyor.

Avrupa Birliği literatürü ise savunma amaçlı YZ kullanımını, etik yönetim, şeffaflık, insan merkezilik ve çifte kullanım (dual-use) risklerinin kontrolü çerçevesinde ele almaktadır (European Commission, 2025). Avrupa Savunma Fonu ile yapılan projeler sürü sistemleri ve akıllı sensörler üzerinde çalışır. Projeler yapay zeka ile çalışan komuta ve kontrol teknolojilerini araştırır ve geliştirir.

2.5. TÜRKİYE'DE AKILLI MÜHİMMAT GELİŞİMİ VE BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

Türkiye, 2000'lerden sonra savunma sanayisinde kendi üretimine ağırlık verdi. Bu değişim, akıllı mühimmat, insansız araçlar ve yapay zekâ ile çalışan savunma sistemleriyle öne çıktı. Savunma Sanayii Başkanlığı planlarına bakınca dışa bağımlılığı azaltmak, teknoloji geliştirmek, sağlam bir savunma ortamı oluşturmak ve alanında yetişmiş insanları elde tutmak ana hedefler arasında yer alıyor (SSB, 2023; Şahbaz ve Keçili, 2025). Bu bağlamda ASELSAN, ROKETSAN, TÜBİTAK-SAGE, TUSAŞ gibi kurumların yanı sıra üniversiteler ve özel sektör firmaları, akıllı mühimmat ve İHA/SİHA odaklı önemli Ar-Ge projeleri yürütmektedir.

Türkiye'de akıllı mühimmat hakkında yapılan araştırmalara bakınca, savunma alanında temel kavramlara odaklanan çalışmalar öne çıkıyor. Mühimmat tasarımı, aerodinamik, güdüm sistemleri ve insansız hava aracı entegrasyonu gibi konularda da araştırmalar hızla çoğalıyor (Akyaz & Bozdemir, 2019; Çetinkaya & Koç, 2023; Toptaş & Yılmaz, 2021). Türkiye'de akıllı mühimmat konusu ile ilgili ilk düzenli

Çalışmalardan biri, Akyaz ve Bozdemir'in 2019 yılında yaptığı yüksek lisans araştırmasıdır. Bu yazıda, savunma sanayisinde bilgisayarlar ne iş yapar ve akıllı mühimmatlar neden klasik mühimmatlardan daha iyi, bunlar anlatılıyor. Yazarlar, akıllı mühimmatları çeşitli güdüm türleriyle donatılmış, hedefe doğru şekilde yönlendirilen mühimmatlar olarak tanımlamakta; özellikle lazer güdümlü bombalar (LGB) zerinden kavramsal erveyi somutlaştırmaktadır.

Çalışmada, lazerle işaretlenen hedefe yönelen ve uçuş sırasında dahi hedefi yeniden güncelleyebilen sistemlerin, hareketli hedeflere karşı etkinliğine vurgu yapılmakta; Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde yer alan, genel maksat bombaları (MK-81, MK-82) zerine entegre edilen TEBER benzeri güdüm kitleri akıllı mühimmat yaklaşımının yerli örnekleri olarak incelenmektedir (Akyaz & Bozdemir, 2019). Bu yüzden bu alışma, Türkiye'de klasik mühimmatın akıllı silahlara çevrilmesini hem kavramsal hem de teknik olarak anlatıyor. Akıllı mühimmat ile ilgili yazılanlar arasında önemli bir kaynak oldu.

Akyaz ve Bozdemir (2019), akıllı mühimmatın yalnızca yeni bir mühimmat yapılması olmadığını, aynı zamanda eski mühimmatların Endüstri 4.0 sayesinde tekrar kullanılabilir hale gelmesi olduğunu söylüyor. Bu alanda sensörlerin bir araya getirilmesi, mikroişlemciyle yapılan kontrol, rüzgara uygun tasarımlar ve yazılım yapıları, Türkiye'deki araştırma ve geliştirme işlerinde sıkça ne çıkar.

Akyaz ve Bozdemir (2019) akıllı mühimmatın sadece yeni bir mühimmat tasarımı olmadığını, aynı zamanda var olan mühimmatların Endüstri 4.0 ile tekrar kullanıma uygun hale getirilmesi olduğunu belirtir. Bu ervede, sensörlerin birleşimi, mikroişlemci temelli kontrol, hava akışıyla ilgili değişiklikler ve yazılım yapıları Türkiye'de Ar-Ge çalışmalarında ne çıkıyor. Türkiye'nin akıllı mühimmat gelişimi, İHA ve SİHA ekosistemiyle birlikte düşünüldüğünde daha kapsamlı bir resim ortaya çıkıyor. Çetinkaya ve Koç, 2023 yılında yaptığı bir çalışmada Türkiye'nin insansız hava araçları geçmişini 19. yüzyıla kadar götürüyor. yüzyıldaki balonlardan günümüz modern uçak ve İHA teknolojilerine kadar geniş bir perspektifte incelemektedir. Çalışmaya göre Türk Silahlı Kuvvetleri ilk insansız sistemini 1989 yılında envanterine katmış; 1990'lardan itibaren ise hem dış alım hem de yerli üretim odaklı bir dönüşüm sürecine girmiştir (etinkaya & Koç, 2023). Bu yüzden Türkiye, artık insansız hava

araçlarını dışardan almak yerine kendi insansız hava aracı ve silahlı insansız hava aracı sistemlerini başka ülkelere satıyor. Böylece akıllı mühimmatların kullanımı da arttı. İnsansız hava araçları artık sadece keşif ya da izleme yapmak için kullanılmıyor. Şimdi hedefe saldırmak için de insansız hava araçları kullanılıyor. Bu yüzden Türkiye'nin kendi akıllı mühimmatını üretmesi önemli ve gerekli oldu. Çalışma, Türkiye'de hem devlet kurumları hem de özel sektör eliyle gerçekleştirilen İHA projelerine ek olarak, üniversitelerde ilgili lisans ve lisansüstü programların açıldığını; böylece insan kaynağı ve bilimsel üretim kapasitesinin de arttığını ortaya koymaktadır (Çetinkaya & Koç, 2023).

Başka bir çalışma, silahlı insansız hava araçlarının Türkiye'nin askeri gücündeki yerine bakıyor. Araştırmaya göre, silahlı insansız hava araçları asimetrik tehditlere karşı işe yarıyor. Klasik savaşta da farklılık yaratıyor. Bu yazıda, Türk Silahlı İnsansız Hava Araçları'nın Suriye'deki Bahar Kalkanı Harekâtı, Libya, Karabağ ve Ukrayna gibi yerlerde gösterdiği performansın hem Türkiye hem de bölge ülkeleri için güç dengesini değiştirdiği söyleniyor. Türkiye ile Yunanistan arasındaki askeri güç dengesi için bu araçların önemli bir etki yarattığı ifade ediliyor (Özgen, 2023). Bu yüzden Türkiye'de akıllı mühimmat projeleri sadece mühimmatın yapısı ile ilgili değil. Türkiye bu çalışmalarda platform ile mühimmatın uyumuna bakıyor ve daha geniş bir yol izliyor.

Şahbaz ve Keçili, 2025 yılında bir çalışma yaptı. Bu çalışma, 2000 yılından sonra Türkiye'de savunma alanını ve stratejilerini ele aldı. Çalışma, Türkiye'nin savunma sanayisiyle ilgili genel bilgiler veriyor. Yazarlar, güçlü ve kendi kendine yeten bir savunma sanayisinin, bir ülkenin bağımsızlığı için ve dış politikada daha çok seçenek sunmak için çok önemli olduğunu söyler. Çalışma, 2000 sonrasında savunma sanayii politikalarının; yerli imkânlarla ihtiyaçların karşılanması, yerlilik oranının artırılması ve dışa bağımlılığın azaltılması, savunma ekosisteminin sürdürülebilirliğinin sağlanması, yeni nesil silah sistemlerinin (akıllı mühimmat, İHA/SİHA, ağ-merkezli harp) geliştirilmesi hedefleri etrafında şekillendiğini vurgulamaktadır (Şahbaz & Keçili, 2025).

Bu yüzden akıllı mühimmat projelerine sadece mühendislik işi gözüyle bakmıyorlar. Akıllı mühimmat projeleri, ülkenin savunma planında da büyük rol oynuyor. Yeni silah sistemleri gelecekte savaşlarda avantaj sağlıyor. Araştırma yatırımları akıllı

mühimmatlara bu yüzden yapılıyor. Türkiye'de akademik çalışmalar, akıllı mühimmatları genel olarak ve mühendislik açısından inceler. Bu yüzden Akıllı Yangın Söndürme Mühimmatı ile ilgili çalışma dikkat çekiyor. Toptaş ve Yılmaz (2021) çalışmasında, yangınlara havadan müdahalede kullanılacak yeni bir mühimmat tasarımı inceleniyor. AYSM, NATO envanterindeki MK-82 genel maksat bombasına benzer geometrik özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanmış; böylece mevcut hava platformlarında ek yapısal değişikliğe ihtiyaç duyulmadan kullanılabilir bir yapı hedeflenmiştir (Toptaş & Yılmaz, 2021).

Bu çalışmada, Ansys Fluent programı ile sanal bir rüzgar tüneline Spalart-Allmaras, standart k-epsilon ve SST k-omega gibi türbülans modelleri kullanıldı. Mühimmat için farklı hızlarda sürüklenme katsayısı, basınç ve hız dağılımları detaylı şekilde incelendi. Elde edilen sonuçlara göre AYSM için en uygun y^+ değerinin 60 olduğu, SST k- ω modelinin en doğru sonuçları verdiği ve mühimmatın sürüklenme katsayısının 0,14633 olduğu hesaplanmıştır (Toptaş & Yılmaz, 2021). Bu çalışmalar, Türkiye'de akıllı mühimmat tasarımında bilgisayar destekli akışkanlar dinamiği ve sayısal yöntemlerin kullanıldığını gösteriyor. Aynı şekilde, akıllı mühimmat ve güdüm teknolojileri üzerine yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin çoğu, aerodinamik ayarlama, uçuş hareketleri, kontrol yolları, görüntü işleme ile hedef bulma ve uydu sinyali olmayan yerlerde yol bulma gibi konuları işliyor. Bu yüzden Türkiye'de akademik yazılar, büyük savunma stratejileri ile küçük mühendislik tasarımları arasında bir ilişki kuruyor (Akyaz & Bozdemir, 2019; Öztürk, 2022).

2.6. AKILLI MÜHİMMAT SİSTEMLERİNE KÜRESEL VE ULUSAL BAKIŞ

Bugün, pek çok ülke, ordusunda yapay zeka ile çalışan ya da yarı otomatik akıllı mühimmat sistemleri kullanıyor. Amerika Birleşik Devletleri, NATO ülkeleri ve bazı bölgesel güçler, hedefi tam olarak vurabilen silahlar geliştirip savaşın gidişatını değiştirdi.



Şekil 2.7. ABD tarafından geliştirilem GBU-31/32 Joint Direct Attack Munitions (JDAM) (<https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/197589/gbu-3132-joint-direct-attack-munitions-jdam/>)

Amerika Birleşik Devletleri'nin yaptığı JDAM sistemi, serbest düşen bombalara GPS ve INS güdüm kitleri ekliyor. Bu sayede bombalar hedeflere daha doğru gidiyor. Paveway lazer güdümlü bombalar hedef üzerinde lazerle işaretleme yaparak çalışır. Paveway bombalar hareket eden veya değerli hedefler için etkilidir.



Şekil 2.8. Birleşik Krallık tarafından geliştirilen Brimstone (missile)
(https://en.wikipedia.org/wiki/Brimstone_%28missile%29#/media/File:Missile_MBDA_Brimstone.jpg)

Birleşik Krallık menşeli Brimstone füzesi, milimetre dalga radar ve lazer güdüm seçenekleriyle “fire-and-forget” (ateşle-unut) konseptini desteklemekte; zırhlı hedeflere karşı otonom hedef seçimi yapabilmektedir. ABD yapımı AGM-114 Hellfire füzesi ise uzun yıllardır İHA ve taarruz helikopterlerinde kullanılan, yarı-otonom hedefleme yeteneklerine sahip bir sistemdir.



Şekil 2.9. İsrail tarafından geliştirilen SPIKE Füzeye ait kesit
([https://en.wikipedia.org/wiki/Spike_\(missile\)#/media/File:German_Army_EuroSpike_MELLS_SPIKE_LR_cutaway_Klietz_2025.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Spike_(missile)#/media/File:German_Army_EuroSpike_MELLS_SPIKE_LR_cutaway_Klietz_2025.jpg))

İsrail'in ürettiği SPIKE füzeleri, elektro-optik güdüm kullanır. Veri bağlantısı sayesinde hedefteki bilgi değişirse füzeye iletebilir ve operatör bu aşamada yönlendirme yapabilir. SPIKE füzeleri bu akıllı sistemleriyle öne çıkar. Bu sistemler, insan ve makinenin birlikte çalıştığı farklı seviyelerde hedef bulma ve karar verme süreçleri ile dikkat çeker. Bu yüzden bu konu hakkında çok fazla konuşulur.

Türkiye, son yıllarda kendi yaptığı akıllı mühimmat sistemleriyle savunma sanayisinde büyük yol aldı. İnsansız hava araçlarıyla çalışan mühimmatlar Türkiye'nin operasyon gücünü çok artırdı.



Şekil 2.10. MAM-L Akıllı Mikro Mühimmat
(<https://www.roketan.com.tr/en/products/mam-l-smart-micro-munition>)

MAM-L ve MAM-C mühimmatları, lazer güdümlü yapıları ve düşük ağırlıkları sayesinde Bayraktar TB2 ve Akıncı gibi insansız hava araçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu mühimmatlar, hedef hassasiyeti yüksek, sınırlı çevresel hasar oluşturan ve yarı-otonom güdüm kabiliyetine sahip sistemler olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 2.11. Türkiye tarafından geliştirilen MAM-C Akıllı Mikro Mühimmat
(<https://www.roketan.com.tr/en/products/mam-c-smart-micro-munition>)

Klasik mühimmatların akıllı hâle dönüştürülmesine yönelik çözümler arasında HGK (Hassas Güzüm Kiti) ve KGK (Kanatlı Güzüm Kiti) sistemleri yer almaktadır. Bu kitler, MK-82 ve MK-83 gibi genel maksat bombalarına entegre edilerek GPS/INS güdümlü akıllı mühimmatlara dönüştürülmesini sağlamaktadır.

TEBER güdümlü kiti ise lazer güdümlü özelliğiyle, özellikle hareketli hedeflere karşı etkinliği artırmakta ve Türk Silahlı Kuvvetleri envanterinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu sistemler, Türkiye'nin klasik mühimmat stoklarını modern harp ihtiyaçlarına uygun hâle getirme stratejisinin somut örnekleri olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.12. Türkiye tarafından geliştirilen TEBER
(<https://www.roketsan.com.tr/en/products/teber-guidance-kit>)

2.7. LİTERATÜRDEKİ BOŞLUK VE ARAŞTIRMANIN KATKISI

Yapay zeka destekli akıllı mühimmat sistemleri, son yıllarda dünyada ve ülkede savunmada öne çıktı. Teknoloji çok hızlı ilerliyor ama bugün de okullardaki bilgilerde hâlâ pek çok eksik var. Kaynaklarda yer alan çalışmalara bakınca, bu boşluklar hem kavramda hem yöntemde hem de ülkede açıkça ortaya çıkıyor. Yapay zekâ, savunma teknolojileri, otomasyon, etik ve uluslararası hukuk gibi farklı alanlar akıllı mühimmat çalışmalarında bir araya geliyor. Fakat akademik yazında akıllı mühimmat konusunu tek bir başlık altında bulmak mümkün değil. Çalışmalar genellikle mühendislik, strateji, güvenlik çalışmaları veya etik/hukuk kategorilerinde dağılmış durumdadır; bu da alanın entegre bir analizini zorlaştırmaktadır.

Çoğu yabancı yayın, akıllı mühimmat teknolojisinin birkaç bölümüne bakıyor (örneğinATR algoritmaları, otonom kontrol, seyrüsefer optimizasyonu), ancak YZ'nin mühimmat yaşam döngüsü üzerindeki bütünsel etkisini (tasarım–seyrüsefer–hedef tanıma–karar–görev iptali) eşzamanlı inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Yapay zekâ destekli mühimmat sistemleri hakkında birçok yazı bulmak mümkün. Fakat dünyada bu

konuda bilimsel olarak ne kadar yer verildiği, kimlerle ortaklık yapıldığı, hangi başlıkların öne çıktığı ve araştırmalarda hangi yolların izlendiği gibi ayrıntıları gösteren bir bibliyometrik analiz bulunmuyor. Bu çalışma, Türkiye’de ve dünyada yapay zekâ destekli akıllı mühimmat ile ilgili yayınları bilimsel olarak inceleyip ortaya koymayı amaçlıyor. Çalışma, Web of Science, Scopus ve IEEE Xplore veri tabanlarından 2015 ile 2025 arasındaki verileri aldı. Akıllı mühimmat üzerine şimdiye kadar yapılmamış bir bilimsel harita çıkardı.



BÖLÜM 3 YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMA MODELİ

Bu çalışma niceliksel bir bibliyometrik analiz çalışmasıdır. Bu çalışmanın amacı, yapay zeka destekli akıllı mühimmat sistemleriyle ilgili yapılan bilimsel çalışmaları dijital ve internet tabanlı araçlar kullanarak incelemek. Çalışmada ana konu başlıklarının neler olduğu ve bu başlıkların yıllar içinde nasıl değişim gösterdiği ortaya konulmak isteniyor. Bu çalışma, tanımlayıcı ve keşif için analizleri birleştiren karışık bir bibliyometri yöntemi kullanır (Aria ve Cuccurullo, 2017; Zupic ve Čater, 2015). Bibliyometrik analiz, bir araştırma alanında çıkan bilimsel çalışmaları sayılarla inceler. Bu yöntem, yayın sayısı, atıf sayısı, yazarlar, kurumlar arası ortak işler, anahtar kelime ağları ve konu eğilimleri gibi yollarla bir alanın bilimsel yapısını ve gelişimini anlamaya çalışır (Aria ve Cuccurullo, 2017). Bibliyometrik analizler, içerik analizlerinden ayrılır. Bibliyometrik analizler, çalışmaların teknik detaylarına bakmaz. Bibliyometrik analizler, literatürün yapısına, ana fikirlere ve diğer akademik bağlantılara odaklanır. Böyle bakınca, bibliyometri, hızla artan ve farklı yerlere yayılan konularda, bilimde öne çıkanları ve eksik kalanları görmek için iyi bir yol sağlar (Zupic ve Čater, 2015).

3.2. VERİ KAYNAKLARI VE KAPSAMA DÖNEMİ

Veri kaynakları olarak uluslararası indeksli veri tabanları tercih edilmiştir:

- Web of Science (Clarivate Analytics) — Core Collection (SCI, SSCI, A&HCI)
- Scopus (Elsevier)
- IEEE Xplore (özellikle savunma/elektronik/mühendislik yayınları için)

Kapsama dönemi: 2015 – 2025 (Ekim 2025’e kadar). Bu dönem, 21. yüzyıldaki YZ dönüşümünü ve son teknolojik eğilimleri yakalamak amacıyla seçilmiştir.

3.3. ARAMA STRATEJİSİ

Arama stratejileri, anahtar kelimelerle yapılan ve Boolean aramalarını kullanan bir yöntemle hazırlanır. Arama başlık/özet/anahtar kelime (TITLE-ABS-KEY / TS alanları) düzeyinde yürütülmüştür. Arama sorgularının mantığı iki ana bileşenden oluşur: (A) YZ ile ilişkili terimler ve (B) mühimmat/füze/loitering/munition terimleri. Örnek sorgular Ek-A'da verilmiştir; veri tabanına göre küçük uyarlamalar yapılmıştır (ör. Scopus'ta TITLE-ABS-KEY, WoS'ta TS vb.). Dil: İngilizce ağırlıklı; Türkçe ve diğer dillerdeki yayınlar da tarama sonuçlarına dahil edilecektir ancak analiz ağırlıklı olarak İngilizce veri üzerinde yürütülmüştür.

3.4. KAPSAMA KRİTERLERİ (DAHİL ETME)

- Makale, derleme (review), konferans bildirisi, kısa ileti (short communication), kitap bölümü (eğer indekslenmişse).
- 2010–2025 tarih aralığı.
- Başlık/öz/anahtar kelimedeki arama terimlerini içeren referanslar.

3.4.1. Hariç tutma kriterleri (dışlama)

- Patentler, teknik raporlar veya sınıflandırılmış hükümet belgeleri (veri tabanlarında indekslenmemişse)
- Tam metni erişilemeyen ve meta-verisi eksik kayıtlar (yazar, yayın yılı vb.)
- Metin içinde gerçek dünyaya yönelik tehlikeli yönergeler içeren, etik açıdan problematic ayrıntılar taşıyan yayınlar (bibliyometrik metadatanın ötesine geçilmesi gereken durumlarda yönergeye uyulur).

3.4.2. Veri toplama ve dışa aktarma prosedürü

1. Her veri tabanında yukarıda belirtilen sorgu çalıştırılacak; sonuçlar referans biçiminde dışa aktarılmıştır.

- Web of Science: Export → Full Record and Cited References → Plain Text veya BibTeX formatı.
 - Scopus: Export → BibTeX veya CSV (citation export).
 - IEEE Xplore: BibTeX veya CSV.
2. Her veri tabanından alınan çıktı .bib veya .csv formatında toplanmış ve ana çalışma dizinine kaydedilmiştir.
 3. Birleştirme: Farklı veri tabanlarından elde edilen kayıtlar JabRef kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirme aşamasında kaynak gösterim biçimleri normalize edilmiştir.

3.5. VERİ TEMİZLEME VE ÖN İŞLEME

Bibliyometrik analizlerin güvenilirliği büyük ölçüde veri temizliğine bağlıdır. Temizleme adımları şöyle uygulanmıştır:

1. Yinelenen kayıtların tespiti ve çıkarılması:

- DOI, başlık ve yazar kombinasyonlarına göre eşleştirme yapılır; DOI varsa DOI birincildir.
- Tekrarlayan kayıtların birleştirilmesi, eksik alanların (ör. missing affiliation) güncellenmesi.

2. Yazar adı standardizasyonu:

- Yazar isimleri farklı formatlarda (Smith J., Smith, John) olmasına karşın JabRef ve bibliometrix::metaTagExtraction() fonksiyonları ile normalizasyon yapılmış ayrıca manuel düzeltme yapılmıştır.
- Kurum isimleri benzer şekilde normalize edilir (ör. “Univ. of X” = “University of X”).

3. Anahtar kelime temizliği ve birleştirme (keyword harmonization):

- Sinonimler, birleşik terimler ve kısaltmalar birleştirilir (ör. “AI”, “Artificial Intelligence” → tek bir terim; “loitering munition”, “kamikaze drone” eşleştirmesi gibi).

4. Dönemsel etiketleme ve dil bilgisi:

- Yıl bilgileri doğrulanır; dil bilgisi meta-veride saklanır.

5. Eksik veri yönetimi:

- Eğer kritik alanlar (yıl, başlık) eksikse kayıt çıkarılır. Diğer alanlardaki eksiklikler (affiliation, keywords) mümkünse kaynaklara geri dönülerek tamamlanmıştır.

3.6. ANALİZ ARAÇLARI

Analizler VOSviewer 1.6.20 ve Bibliometrix 5.0 kullanılarak yürütülmüştür. Araçların seçimi şu gerekçelere dayanır: VOSviewer 1.6.20 görsel ağ haritalama ve etkileşimli görselleştirme konusunda güçlüdür (van Eck & Waltman, 2010); Bibliometrix 5.0 ise istatistiksel çıktılar, tematik haritalama ve zaman serisi analizlerinde esneklik sunar (Aria & Cuccurullo, 2017).

GEÇERLİK, GÜVENİRLİK VE SINIRLILIKLAR

- **Geçerlik:** Kullanılan veri tabanları (WoS, Scopus, IEEE Xplore) dünya çapında bilimsel literatürü kapsayan güvenilir kaynaklardır; buna rağmen bazı bölgesel veya askeri teknik raporlar indeks dışı kalabilir.
- **Güvenirlilik:** Veri temizleme süreci ve yazar/kurum standardizasyonu güvenirliliği arttırılmıştır. Ancak isim kısaltmaları, kurumun farklı adları gibi sorunlar kalabilir; bunlar elle doğrulanmıştır.
- **Sınırlılıklar:** Bibliyometrik yöntemler meta-veri düzeyinde analiz sağlar; içerik derinliği (teknik / mühendislik detayları) için sistematik içerik analizi/yöntemlerine ihtiyaç vardır. Ayrıca alanın “dual-use” doğası nedeniyle bazı teknik detayların yayınlanmamış veya kısıtlı olabileceği unutulmamalıdır.

3.7. ETİK HUSUSLAR

Çalışma yalnızca kamuya açık bibliyografik meta-veri kullanacak olup insan denek çalışması içermemektedir. Bununla birlikte konu hassasiyeti (savunma/askeri alana ilişkin) nedeniyle çalışmada teknik yönergeler veya kullanım rehberleri detaylandırılmayacak; analiz sadece yayınların bilimsel yapısı, eğilimler ve işbirlikleri üzerine odaklanmıştır

3.8. ARAMA SORGULARI

TS=("smart weapons" OR "smart explosives" OR "intelligent munitions" OR "precision-guided munition" OR "guided missile" OR "autonomous weapons" OR "smart munition" OR "smart munitions" OR "smart weapon" OR "precision-guided munition" OR "guided missile" OR "loitering munition" OR "kamikaze drone" OR "suicide drone")

AND=("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural networks" OR "AI" OR "automatic target recognition" OR "ATR" OR "computer vision" OR "autonomous weapon", OR "military" OR "defense" OR "armed forces" OR "combat system" OR "defense technology")

BÖLÜM 4 BULGULAR

4.1 TANIMLAYICI BULGULAR

Bibliyometrik analiz kapsamında 2016–2025 yılları arasında yayımlanan toplam 69 bilimsel doküman incelenmiştir. Veri kümesi 51 farklı kaynaktan (dergi, konferans bildirileri, kitap bölümleri vb.) oluşmaktadır. Bu durum, akıllı mühimmat ve yapay zeka destekli savunma teknolojileri çalışmalarının birçok farklı alanda yayımlandığını gösteriyor. Çalışma 2016 ve 2025 yılları arasını içeriyor. Yıllık ortalama büyüme oranı yüzde 8,01. Bu oran, son yıllarda alanın akademide daha çok tanındığını gösteriyor. 2020’den sonra daha fazla yayın ortaya çıktı. Bu, dünyada yapay zekâ ile çalışan silah sistemlerine olan ilginin arttığını gösteriyor. Ayrıca dokümanların ortalama yaşı 2,78 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, literatürün görece genç, hızlı gelişen ve yenilikçi bir alan olduğunu göstermektedir; yani çalışmaların büyük bir bölümü son üç yıl içinde yayımlanmıştır.

Veri kümesinde toplam 4026 atıf var. Her doküman için ortalama atıf sayısı 5,232. Bu sonuç, alandaki çalışmaların uluslararası literatürde belirli bir etki yarattığını; aynı zamanda bazı yayınların yüksek atıf aldığı, bazılarının ise henüz yeni olduğu bir literatür profili çizdiğini göstermektedir. Bu atıf ortalaması, teknik alanlarda orta veya yüksek bir etki yaratıyor. Dokümanlarda toplam 271 yazar anahtar kelimesi (DE) kullanılmış, ek olarak 64 Keywords Plus (ID) tespit edilmiştir. Anahtar kelime çeşitliliğinin yüksek olması, alanın: disiplinler arası yapısını, terminolojik genişliğini, farklı araştırma yönlerini (güdümlü görüntü işleme, sensör füzyonu, otonomi, ATR vb.) yansıtmaktadır.

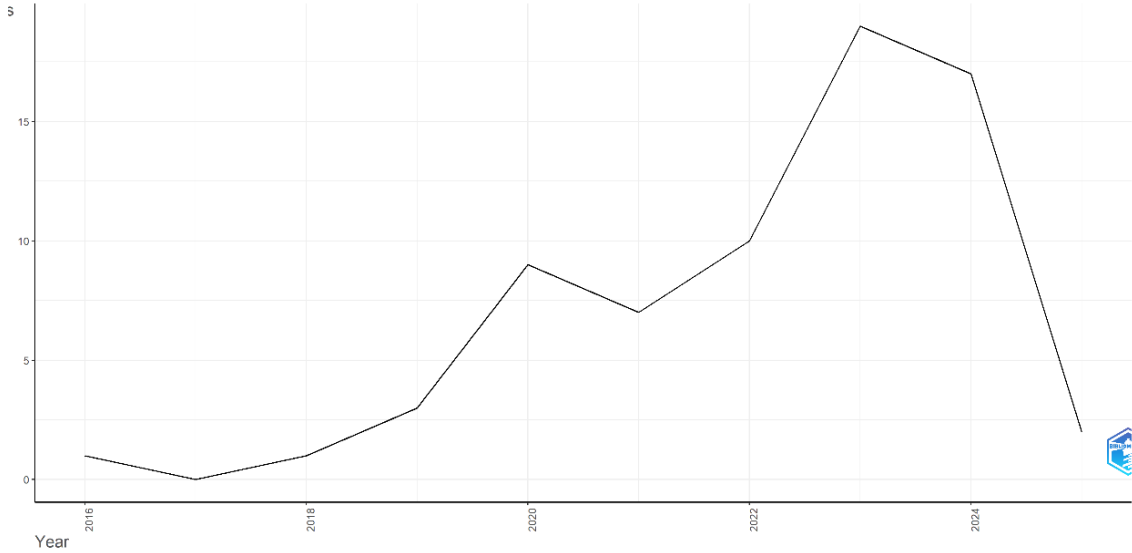
Bu çeşitlilik, sonraki bölümlerde yapılan anahtar kelime analizlerinde tematik grupların kolayca ortaya çıkmasını sağlar. Analiz edilen 69 dokümana toplam 105 farklı yazar katkıda bulunmuştur. Bunların 43’ü tek yazarlı yayınlardan oluşmaktadır. Toplam tek yazarlı doküman sayısı ise 44’tür. Bu bulgular: alanda hem bireysel hem de ekip tabanlı çalışmanın güçlü olduğunu, mühendislik/teknik alanlarda yaygın olan bireysel araştırma eğiliminin sürdüğünü, fakat yine de disiplinler arası ekip çalışmalarının

giderek arttığını göstermektedir. Her bir belgede ortalama 1,67 yazar bulunuyor. Savunma teknolojilerinde genelde küçük ve uzman ekipler bu şekilde çalışıyor.

Veri setindeki çalışmaların %18,84'ünün uluslararası ortak yazarlık (international co-authorship) içerdiği görülmektedir. Bu oran, alanın dünyada iş birliğine açık olduğunu ama çoğu işi hâlâ aynı ülkeden takımların yaptığını gösteriyor. Savunma teknolojileri yapay zekâ ile çalıştığında genellikle içinde stratejik ve gizli bilgiler olur. Bu yüzden, ülkeler arasında iş birliği oranı yüzde 18-20 civarındaysa bu oran aslında yüksektir. Bibliyometrik veri setindeki yayınların türlerine bakıldığında 66'sı araştırma makalesi, 3'ü erken erişimde (early access) makale olarak sınıflandırılmıştır. Konferans bildirilerinin bu tabloda yer almaması, veri dışı aktarım ayarlarıyla ilişkili olabilir; ancak mevcut durumda literatürün temel gövdesinin hakemli dergi makalelerinden oluştuğu görülmektedir.

4.2. YAYINLARIN ZAMAN SERİSİ DAĞILIMI

Analiz edilen 69 yayının yıllara göre dağılımı Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Grafik, 2016'dan 2025'e kadar yapay zekâ ile çalışan akıllı mühimmat çalışmalarının hızla arttığını gösteriyor. 2016 yılında 1 yayın, 2017'de ise 0 yayın tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Yayınların yıllara göre dağılımı

2018'de yayın sayısı 1'e yükselmiş olsa da bu dönem genel olarak alanın oluşum ve kavramsallaşma evresi olarak değerlendirilebilir. Bu yıllarda literatür daha çok; temel

güdüm-kontrol çalışmaları, mühendislik odaklı prototip analizleri ve sensör tabanlı ilk yaklaşımlar çerçevesinde sınırlı sayıda yayından oluşmaktadır. 2019’da yayın sayısı 3, 2020’de 9’a yükselmiştir. 2021’de bu sayı 7 olmakla birlikte, genel trend yukarı yönlüdür. Bu dönemde yaşanan artışın temel nedenleri: derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemlerinin savunma literatürüne girmesi, İHA–mühimmat entegrasyonunun akademik ilgi görmeye başlaması ve ATR (Automatic Target Recognition) ve multisensör füzyonu çalışmalarının artmasıdır. Bu dönem, yapay zeka ile çalışan mühimmatların teknoloji anlamında ilerlediği bir zaman olarak görülebilir.

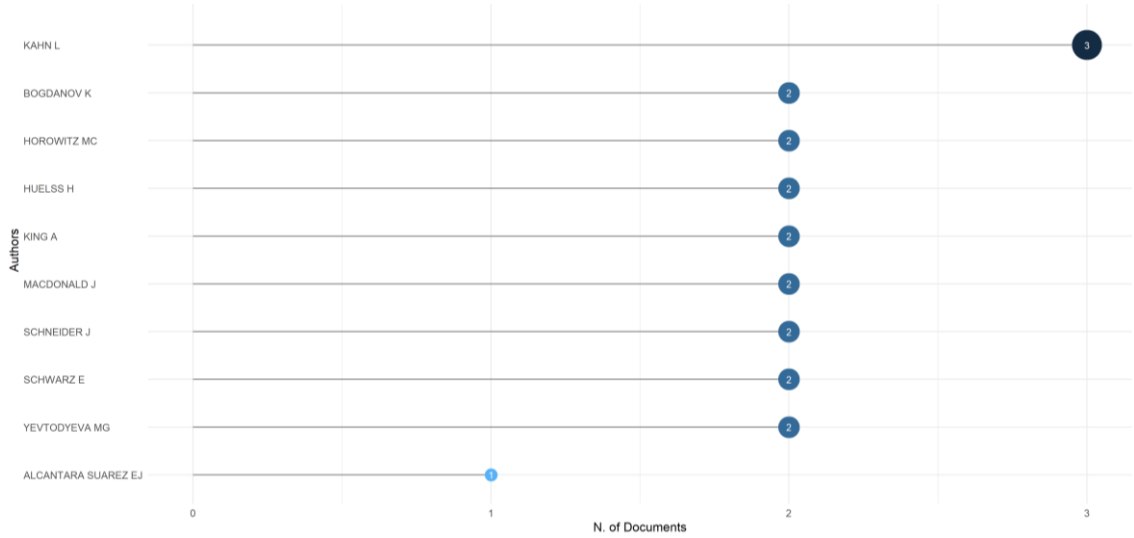
2022 yılında yayın sayısı 10’a, 2023’te ise 18’e ulaşarak incelenen dönemin en yüksek üretim seviyesini oluşturmuştur. 2024’te yayın sayısı 16 olmakla birlikte yüksek düzey korunmuştur. Bu zirve döneminin arka planında: Ukrayna–Rusya Savaşı sonrası akıllı mühimmat, SİHA ve loitering munition konularına artan küresel ilgi, savunma sanayilerinin YZ tabanlı güdüm ve hedef tanıma teknolojilerine yönelmesi, derin öğrenme altyapılarının hızla olgunlaşması gibi faktörler bulunmaktadır. Bu sonuç, yapay zeka destekli mühimmat üzerine yapılan çalışmaların 2022 ile 2024 yılları arasında uluslararası alanda en çok dikkat çeken döneminin bu üç yıl olduğunu gösteriyor. 2025 yılı için grafikte 2 yayın görünmektedir. Bu düşüşü, yıl daha bitmediği ve veri tabanları yıllık güncellemeyi geç yaptığı için gördük. Bu durum literatür analizlerinde sıklıkla görülen bir erken yıl yanlışlığı (early-year indexing bias) dır. Bu yüzden 2025’te üretim az olursa, bu durum gerçekten bir düşüş olduğu anlamına gelmez.

4.3. EN ÜRETKEN YAZARLAR, ÜLKELER VE KURUMLAR

Bibliyometrik veri setinde yer alan 69 dokümana toplam 105 yazar katkıda bulunmuştur. Şekil 4.14 ve Tablo 4.1’de görüldüğü gibi, yazar üretkenliği genelde düşük ama yaygın bir dağılım gösteriyor. Bu durum, akıllı mühimmat ve yapay zeka ile çalışan savunma sistemleri üstüne yapılan çalışmaların birçok araştırmacının küçük katkılarıyla ilerlediğini gösteriyor. Analiz sonuçlarına göre en üretken yazar KAHN L. olup toplam 3 yayın ile literatürde öne çıkmaktadır. Diğer üretken yazarların büyük bölümü 2’şer yayına sahiptir. En çok yayın yapan yazarlar Tablo 4.1’deki gibidir.

Tablo 4.1. En üretken yazarlar

Yazar	Yayın Sayısı	Kesirli Puan
KAHN L.	3	1,50
BOGDANOV K.	2	1,00
HOROWITZ M. C.	2	0,50
HUELSS H.	2	1,50
KING A.	2	2,00
MACDONALD J.	2	0,50
SCHNEIDER J.	2	0,50
SCHWARZ E.	2	1,50
YEVTODYEVA M. G.	2	1,00
ALCANTARA SUAREZ E. J.	1	0,50



Şekil 4.14. En üretken yazarlar şeması

Kesirli puanlar, çok yazarlı bir yayında her yazarın katkı payını gösterir. Bu bağlamda, KING A. (2,00) en yüksek kesirli puan değerine sahiptir — bu, yazarın tüm yayınlarını tek yazarlı veya eşit sorumluluk dağılımıyla üretmiş olduğu anlamına gelir.

HOROWITZ MC, MACDONALD J, SCHNEIDER J gibi yazarların kesirli puanları düşük çıktığı için, bu araştırmacılar genelde çok yazarlı ve farklı alanlardan gelen kişilerle birlikte çalışıyor demek mümkün. HUELSS H. ve SCHWARZ E. gibi isimler hem yüksek kesirli puan değeri hem de iki yayına sahip olmaları nedeniyle alanın çekirdek yazarları olarak değerlendirilebilir.

Üretkenlik dağılımı üç önemli yapısal özellik göstermektedir: sadece bir yazarın 3, dokuz yazarın 2 yayın üretmiş olması, akıllı mühimmat çalışmalarında klasik bibliyometri literatüründeki “çekirdek yazar kümesi”nin (core authors) oldukça dar olduğunu göstermektedir. Bu durum, bu alanın henüz tam olarak oturmadığını ve birkaç alanın birbirine karıştığını gösteriyor. Araştırmalar da çok düzenli gitmiyor. Kesirli puan değerlerinin çoğu 1’in altında olup, yazarların önemli kısmının çok yazarlı ekipler içinde üretim yaptığı görülmektedir. Bu durum özellikle: savunma teknolojilerinin karmaşık yapısı, mühendislik–bilgisayar bilimi–güvenlik çalışmaları entegrasyonu, disiplinler arası Ar-Ge gereksinimi ile uyumludur. KAHN L., HOROWITZ MC gibi isimlerin çalışmaları büyük olasılıkla: ABD merkezli güvenlik çalışmaları, otonom silahlar, LAWS, savunma politikası alanlarıyla bağlantılıdır. BOGDANOV K. ve YEVTODYEVA MG gibi yazarlar ise Doğu Avrupa / Rusya bölgesinin teknik araştırma gruplarıyla ilişkili olabilir. Bu durum, alanın teknik ve stratejik yanını bibliyometri yardımıyla gösteriyor.

4.4. ÜLKELERİN BİLİMSEL ÜRETİMİ VE ULUSLARARASI İŞBİRLİĞİ ANALİZİ

Bu bölümde, veri setindeki yayınların hangi ülkelere ait olduğu ve ülkeler arası iş birlikleri ele alındı. Analiz sonuçları, akıllı mühimmatla ilgili yazıların çoğunun Kuzey Amerika ve Batı Avrupa’da yer aldığını gösteriyor. Bazı Avrupa ve Asya ülkeleri de bu alanda önemli katkı sağlıyor. Tablo 4.2’de literatürde en yüksek bilimsel üretime sahip ülkeler sırasıyla ABD (n=37), Birleşik Krallık (n=27) ve Danimarka (n=11)’dir. Bu ülkeleri İspanya (n=11), İsviçre (n=11), Hollanda (n=9) ve Rusya (n=8) takip etmektedir.

Tablo 4.2. Ülkelere göre bilimsel üretim

Ülke	Frekans
Amerika Birleşik Devletleri	37
Birleşik Krallık	27
Danimarka	11
İspanya	11
İsviçre	11
Hollanda	9
Rusya	8
Çin	6
Almanya	6
İtalya	6

Bu dağılım, alandaki üretimin çok merkezli olmakla birlikte ağırlıklı olarak: ABD merkezli savunma araştırmaları ekosistemi, Birleşik Krallık ve Batı Avrupa'nın güvenlik politikaları ve mühendislik araştırmaları, NATO ülkelerinin askeri Ar-Ge altyapıları üzerinde kümелendiğini göstermektedir. ABD ve Birleşik Krallık öne çıkıyor. Çünkü bu iki ülke savunma teknolojileri ve yapay zeka tabanlı savaş sistemlerinde dünya lideri. LAWS, otonomi ve hedef tanıma gibi alanlarda bu ülkeler başı çekiyor. Tablo 4.3'te, yayınların sorumlu yazarlarının ülkelerine göre dağılımını göstermektedir. Bu gösterge, kaç tane yayın yapıldığını ve bilim dünyasında dikkat çekip yol gösterip göstermediğini gösterir.

Tablo 4.3. Sorumlu Yazar Dağılımı

Ülke	Yayın (n)	Yaayın (%)	SCP	MCP	MCP %
Amerika Birleşik					
Devletleri	10	14,5	10	0	0
Birleşik Krallık	9	13	9	0	0
Danimarka	5	7,2	3	2	40
İspanya	5	7,2	4	1	20

Hollanda	4	5,8	4	0	0
Rusya	4	5,8	4	0	0
İtalya	3	4,3	1	2	66,7
İsveç	3	4,3	2	1	33,3
Çin	2	2,9	2	0	0
Çek Cumhuriyeti	2	2,9	1	1	50

SCP: Ulusal (Single Country Publications); MCP: Uluslararası (Multiple Country Publications)

Sorumlu yazar dağılımında; ABD: 10 yayın (%14,5), Birleşik Krallık: 9 yayın (%13), Danimarka: 5 yayın (%7,2), İspanya: 5 yayın (%7,2), Hollanda: 4 yayın (%5,8), Rusya: 4 yayın (%5,8) olarak sıralanmaktadır. Bu durum genel üretim için geçerlidir ve Amerika Birleşik Devletleri ile Birleşik Krallık'ın sadece yayın sayısında değil, bilimsel yol gösterme ve proje yönetiminde de önemli bir yeri vardır. Tablodaki SCP (Ulusal yayın - Single Country Publications) ve MCP (Uluslararası yayın- Multiple Country Publications) verileri ülkelerin iş birliği eğilimlerini göstermektedir. ABD, (SCP=10, MCP=0), Birleşik Krallık (SCP=9, MCP=0), Rusya (%0 MCP) ve Çin (%0 MCP) yayınları tamamen ulusal nitelikte olduğu görülmüştür. Bu ülkeler savunma araştırma ve geliştirme işlerini stratejik görüyor. Güvenlikten endişe ettikleri için başka ülkelerle çok sık ortaklık kurmuyorlar. Genelde araştırmaları kendi kurumlarında yapıyorlar. Ayrıca bu ülkeler bu işler için gereken parayı da bulabiliyor. Tablo 4.4'de Avrupa ülkelerinde yüksek iş birliği ve uluslararası ortaklı yayın oranları verilmiştir.

Tablo 4.4. Avrupa ülkeleri bilimsel iş birliği

Ülke	MCP %
İtalya	%66,7
Çekya	%50
İsveç	%33,3
Danimarka	%40
İspanya	%20

Bu sonuç, Avrupa ülkelerinin özellikle EU Defence Fund, Horizon Europe, NATO araştırma grupları kapsamında çok uluslu projeler yürüttüğünü göstermektedir.

4.5. EN ÇOK YAYIN YAPAN DERGİLER VE KAYNAKLARIN AKADEMİK ETKİ ANALİZİ

Analiz edilen araştırmalar içerisinde en çok yayın yapan dergiler Tablo 4.5’da verilmiştir. Bu tablo, literatürde iki ana yayının öne çıktığını gösteriyor. Birincisi, yapay zekâ, teknoloji ve toplum alanındaki yayınlar: AI & Society, Frontiers in Big Data. İkincisi ise savunma, uluslararası güvenlik ve insancıl hukuk alanındaki yayınlar: Ethics & International Affairs, International Review of the Red Cross, Defence and Security Analysis, Journal of International Humanitarian Legal Studies, Leiden Journal of International Law, International Politics. Bu dağılım, akıllı mühimmatla ilgili teknik, etik ve yasal konuların bir arada incelendiğini gösteriyor.

Tablo 4.5. En çok yayın yapan dergiler

Kaynak	Yayın Sayısı
AI & Society	4
Ethics & International Affairs	4
Defence and Security Analysis	3
International Review of the Red Cross	3
Journal of International Humanitarian Legal Studies	3
Cogent Social Sciences	2
Frontiers in Big Data	2
International Politics	2
Journal of International Criminal Justice	2
Leiden Journal of International Law	2

Çalışmaların etki değerleri Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6. Dergilerin atıf ve etki büyüklükleri

Dergi / Kaynak	h- index	g- index	m- index	Toplam Atıf	Yayın Sayısı	İlk Yayın
Defence and Security Analysis	3	3	0.500	18	3	2020
AI & Society	2	4	0.333	44	4	2020
Ethics & International Affairs	2	4	0.286	33	4	2019
International Politics	2	2	0.667	11	2	2023
International Review of the Red Cross	2	3	0.333	29	3	2019
Journal of International Humanitarian Legal Studies	2	3	0.286	16	2	2020
Leiden Journal of International Law	2	2	0.333	16	2	2020
Anthropology Today	1	1	0.500	1	1	2024
Australian Feminist Law Journal	1	1	0.125	2	1	2018
Bulletin of the Atomic Scientists	1	1	0.100	32	1	2016

Tabloya göre Yüksek üretkenlik ve yüksek etki gücü taşıyan dergiler AI & Society, Ethics & International Affairs, International Review of the Red Cross ve Defence and Security Analysis olduğu görülmüştür. Bu dergiler hem yayın sayısı yüksek hem de h-index/g-index değerleri alan ortalamasının üzerindedir. Bu yapı, akıllı mühimmat çalışmalarının genelde şu alanlarda olduğunu gösteriyor: yapay zekâ ve toplum ilişkisi, uluslararası etik, savaş hukuku ve güvenlik politikaları. Orta üretkenlik ve orta düzey etki gücüne sahip dergiler arasında International Politics, Leiden Journal of International Law, Journal of International Humanitarian Legal Studies gelmektedir. Bu yayınlar hukuk, uluslararası ilişkiler ve güvenlik çalışmaları alanında öne çıkar. M-index değeri 0.286 ile 0.667 arasında olan dergiler alana düzenli ama orta seviyede katkı sağlıyor.

Düşük üretkenlik ancak tematik açıdan kritik konumlu dergiler arasında *Bulletin of the Atomic Scientists*, *Australian Feminist Law Journal*, *Anthropology Today*

gelmektedir. Bu dergilerde az sayıda yayın olmasına rağmen, özellikle nükleer güvenlik, etik ve insan hakları ve otonom sistemlerin sosyal etkileri gibi spesifik alt alanlarda stratejik önem taşımaktadır.

4.6. ATIF ANALİZİ

Atıf analizi sonuçları, yapay zeka destekli akıllı mühimmat ile ilgili çalışmaların hangi araştırmaların çevresinde toplandığını ve hangi yayınların hem dünya genelinde hem de veri setinde öne çıktığını açıkça gösterir. Bu analizler bu yüzden çok değerlidir. Küresel atıf verileri, dünyada hangi konuların ilgi gördüğünü gösterir. Yerel atıf analizi ise veri içindeki hangi çalışmaların öne çıktığını ve hangi bağlantıların yapıldığını gösterir. Tablo 4.7’de veri setindeki yayınların küresel atıf sayılarına göre sıralaması gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Yayınların küresel atıf sayılarına göre sıralaması

Makale	Yıl	Küresel Atıf	Normalized TC	TC/Yıl
Geist EM, 2016, <i>Bulletin of the Atomic Scientists</i>	2016	32	1.00	3.20
Gill AS, 2019, <i>Ethics & International Affairs</i>	2019	28	1.47	4.00
Horowitz MC, 2024, <i>AI & Society</i>	2024	26	10.05	13.00
Maas MM, 2019, <i>Journal of International Humanitarian Legal Studies</i>	2019	20	1.05	2.86
Gomez De Agreda A, 2020, <i>Telecommunication Policy</i>	2020	18	1.80	3.00
Jones E, 2018, <i>Australian Feminist Law Journal</i>	2018	16	1.00	2.00
Martin AS, 2021, <i>Space Policy</i>	2021	16	2.87	3.20
Umbrello S, 2020, <i>AI & Society</i>	2020	16	1.60	2.67
Taylor I, 2021, <i>Journal of Applied Philosophy</i>	2021	14	2.51	2.80
Warren A, 2020, <i>Small Wars & Insurgencies</i>	2020	13	1.30	2.17

TC: Toplam atıf; Normalized TC, makalenin atıf sayısının yayımlanma yılına göre normalize edilmiş hâlidir.

Dünya genelinde atıf alan çalışmalara bakınca, en çok atıf alanların genelde etik, politika ve uluslararası güvenlik üstüne yazıldığı ortaya çıkıyor. Geist’in 2016’da *Bulletin of the Atomic Scientists*’te çıkan makalesi otuz iki atıf aldı ve listenin başına geçti. Bu, yapay zeka ile çalışan silah sistemlerinin stratejik etkisini erken dönemde ele

alan çalışmaların bugün hâlâ literatürde etkili olduğunu gösteriyor. Gill'in 2019'da *Ethics & International Affairs* dergisinde yayımlanan çalışması ile Maas'ın uluslararası insancıl hukuk bağlamında ele aldığı makalesi de yüksek atıf sayılarıyla dikkat çekmekte ve akıllı silah sistemlerine yönelik etik ve hukuki değerlendirmelerin literatürde belirgin bir ağırlığa sahip olduğunu göstermektedir.

Horowitz'in 2024'te *AI & Society* dergisinde yayımlanan çalışması çok yüksek bir normalleştirilmiş atıf değeri aldı (10.05). Bu da makalenin kısa sürede önemli bir etki yarattığını gösteriyor. Bu çalışma yılda ortalama on üç atıf alıyor. Bu da otonom silah sistemleriyle ilgili tartışmaların uluslararası akademide hızlıca dikkat çektiğini gösteriyor. Dünyada yapılan atıflara baktım. Teknik mühendislik, radar işleme veya güdüm kontrolü konularındaki çalışmalar çok atıf alan yayınlar içinde değil. Bu bana ilginç geldi. Bu durum, dünyada araştırmacıların genelde otonom silahların etik, siyasi ve kural yönlerine odaklandığını gösteriyor.

Çalışmaların yerel atıf sayıları ve değerleri Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Yayınların yerel atıf sayıları

Makale	Yıl	Yerel Atıf (YA)	Küresel Atıf (KA)	YA/KA (%)	Norm. YA
Umbrello S, 2020, <i>AI & Society</i>	2020	4	16	25.00	4.50
Boutin B, 2023, <i>Leiden Journal of International Law</i>	2023	3	11	27.27	14.25
Jones E, 2018	2018	2	16	12.50	1.00
Gill AS, 2019	2019	2	28	7.14	3.00
Warren A, 2020	2020	2	13	15.38	2.25
Sauer F, 2020	2020	1	11	9.09	1.13
Gillespie T, 2020	2020	1	4	25.00	1.13
Dombrowszki A, 2021	2021	1	1	100	7.00
Winter E, 2022	2022	1	4	25.00	5.00
Horowitz MC, 2022	2022	1	3	33.33	5.00

Yerel atıf analizi, veri setinde hangi çalışmaların ana kaynak olarak kabul edildiğini gösterir. Burada Umbrello'nun 2020'de yaptığı çalışma en çok yerel atıf alan çalışma oldu. Bu, akıllı mühimmat tartışmalarında etik yönetim yaklaşımının ne kadar önemli olduğunu yine gösteriyor. Boutin'in 2023 yılında yayımlanan çalışması da uluslararası

hukuka ilişkin güncel değerlendirmeleri nedeniyle veri seti içerisinde güçlü bir konum edinmiştir. Yerel çekirdek çalışmalara baktığımda, kaynaklar kendi içinde ve dünyada benzer şekilde atıf alıyor. Etik, uluslararası insancıl hukuk, insan hakları, otonom silahların sorumluluğu ve askeri etik hem dünya genelinde hem de bu çalışmada ana konular arasında bulunuyor.

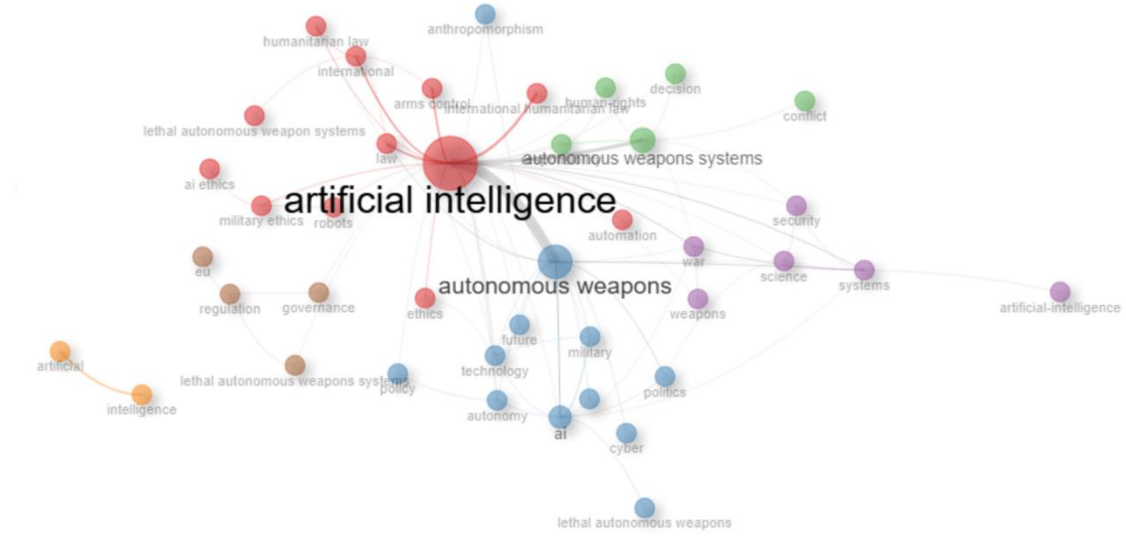
Yerli ve yabancı atıfları karşılaştırdınca, yazılan işler üç ana alanda toplanıyor. Küresel düzeyde yüksek atıf alan çalışmaların bir kısmı veri seti içinde de güçlü bir konuma sahiptir; bu durum normatif literatürün hem iç hem dış çekirdekte belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bazı çalışmalar ise küresel etkisi yüksek olmasına rağmen veri setindeki yerel ağda sınırlı bir karşılık bulmuştur; özellikle Horowitz'in 2024 çalışmasının bu kategoriye girmesi, literatürün hızlı büyümesiyle birlikte yerel atıf yapılarının henüz tam olarak yerleşmediğini göstermektedir. Buna karşılık bazı yayınlar ise küresel ölçekte düşük atıf almasına rağmen veri seti içerisinde temel başvuru kaynağı hâline gelmiştir; bu durum özellikle hukuki alt alanlarda uzmanlaşmış çalışmaların iç literatürde derin fakat dar bir etki alanına sahip olduğunu göstermektedir.

Atıf analizi, yapay zekâ ile çalışan akıllı mühimmat alanında yapılan araştırmaların daha çok etik, hukuk ve güvenlik konularına odaklandığını açıkça gösteriyor. Teknik mühendislik konuları bu alanlarda daha geri planda kalıyor. Savunma sektöründe teknoloji çok hızlı değişiyor. Sadece yeni makineler değil, kurallar ve değerler de konuşuluyor. Bu yüzden yazılar genelde teknoloji, etik ve hukuk arasında gidip geliyor. 2020'den sonra çıkan yeni çalışmalar, dünyada ve Türkiye'de çok daha fazla alıntı alıyor. Bu da akıllı mühimmat ve otonom silah sistemlerinin uluslararası alanda hızlıca öne geçtiğini açıkça ortaya koyuyor.

4.7. ANAHTAR KELİME EŞ-OLUŞUM ANALİZİ

Anahtar kelime eş-oluşum ağı, Şekil 4.15'te, yapay zekâ destekli akıllı mühimmat alanındaki çalışmaların ana yapısını ve hangi konuların öne çıktığını gösteriyor. Ağın tam ortasında en çok göze çarpan kavram "artificial intelligence" gibi duruyor. Bu anahtar kelime hem çok fazla bağlantı alıyor hem de büyük bir düğümde yer alıyor. Yapay zeka çalışmanın ortasında duruyor ve diğer anahtar kavramları etrafında

topluyor. Ağda “autonomous weapons” ve “autonomous weapons systems” gibi kavramların “artificial intelligence” ile yoğun ve çok yönlü bağlara sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, akıllı mühimmat araştırmalarının sadece teknik konulara bakmadığını, daha geniş bir alanda otonom sistemler ve karar alma yolları üzerine çalıştığını gösteriyor.



Şekil 4.15. Anahtar kelime eş oluşturma ağı

Ağ yapısına bakınca, kaynaklarda teknik konular kadar etik, hukuki ve politik tartışmaların da bulunduğu rahatça görülür. Uluslararası insancıl hukuk, etik, insan hakları, sorumluluk, hukuk ve yönetim gibi kurallar, yapay zeka ile çalışan silahların hukukta ve etik yönetimde önemli bir tartışma konusu olmasına yol açıyor. Askeri etik, düzenleme ve güvenlik teknik, hukuki ve siyasi konularla da bağlı. Bu düğümler sadece güvenlik kurallarıyla ilgili değil. Bu düğümler, askeri kurallar, hesap verme zorunluluğu ve insani hukuk gibi alanlarla da ilgilidir.

Eş-oluşturma ağı içinde teknik ve işle ilgili kavramlar da açıkça yer alıyor. “Technology”, “robots”, “automation”, “cyber” gibi kavramların özellikle otonom silahlar ve yapay zekâ kavramlarına yakın konumlandığı anlaşılmaktadır. Bu yapı, yapay zekânın askeri alanda sadece bir yazılım değil, daha büyük bir teknoloji sisteminin parçası olarak düşünüldüğünü gösteriyor. Aynı şekilde, “war”, “conflict” ve

"decision" akıllı mühimmatın savaşta nasıl kullanıldığını ve kararlar tek başına verildiğinde ortaya çıkan yeni yolları ortaya koyuyor. Tablo 4.9'da analiz sonuçlarına göre "artificial intelligence" anahtar kelimesi, betweenness merkezilik değeri bakımından açık ara en yüksek değere sahip olup, literatürdeki diğer kavramlar arasında bir köprü işlevi gördüğünü göstermektedir. Bu durum, yapay zeka konusunun sadece teknik olmadığını, etik, hukuk ve ordu gibi alanlarda da önemli olduğunu gösteriyor. Yapay zeka, bu farklı alanları bir araya getiriyor. Yüksek PageRank değeri ise bu kavramın literatürde hem sık kullanıldığını hem de etkili çalışmalarla güçlü biçimde ilişkilendirildiğini göstermektedir.

Tablo 4.9. Anahtar Kelime Eş-Oluşum Ağı Merkezilik Ölçütleri

Anahtar Kelime	Küme	Aradalık (Betweenness)*	Sayfa Sıralaması (PageRank)*
artificial intelligence (yapay zekâ)	1	530.582	0.193
international (uluslararası)	1	37.877	0.035
military ethics (askeri etik)	1	37.000	0.022
Law (hukuk)	1	0.348	0.025
international humanitarian law (uluslararası insancıl hukuk)	1	0.000	0.014
arms control (ordu kontrol)	1	0.000	0.016
Ethics (etik)	1	0.000	0.012
robots (robotlar)	1	0.000	0.012
ai ethics (yz etiği)	1	0.000	0.009
humanitarian law (insancıl hukuk)	1	0.000	0.018

*Betweenness değeri anahtar kelimenin ağ içerisindeki aracılık rolünü, PageRank ise literatürdeki göreceli etkisini göstermektedir.

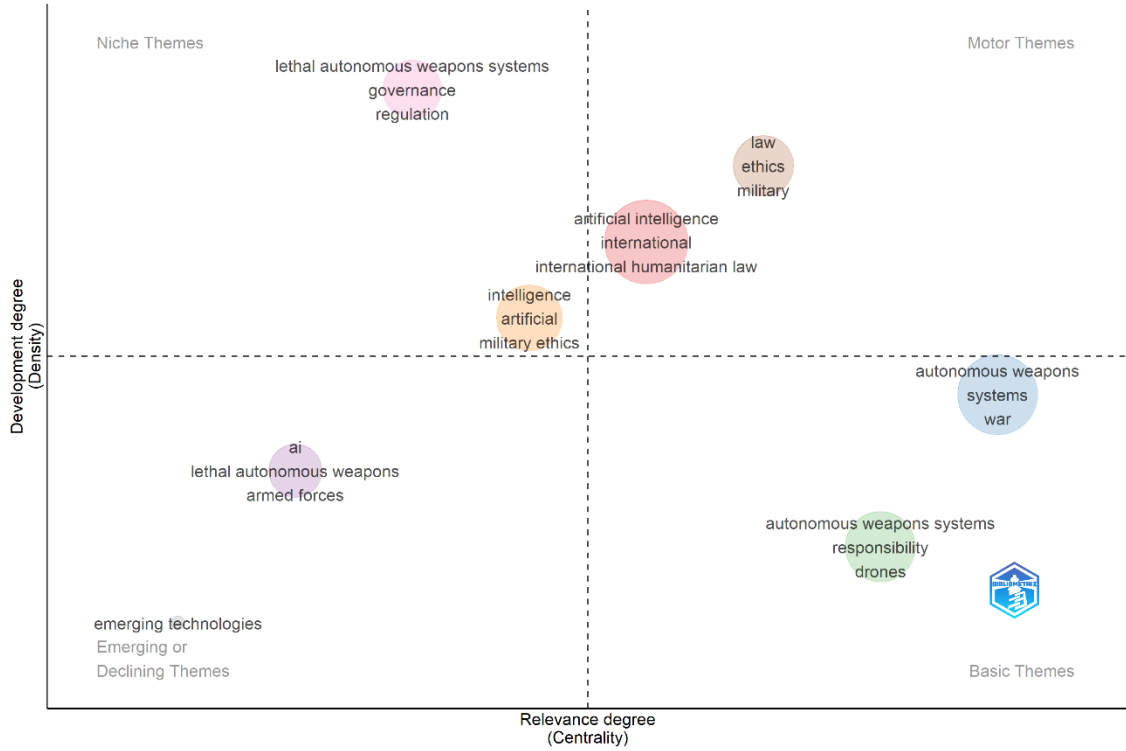
"International" ve "international humanitarian law" kavramlarının aynı grup içinde olması ve yüksek merkezilik değerlerinin bulunması, literatürde uluslararası hukuk ve kurallar üzerinde daha çok durulduğunu gösterir. Bu bulgu, çalışmanın önceki bölümlerinde ortaya konulan atıf ve dergi analizleriyle uyumlu biçimde, akıllı mühimmat ve otonom silah sistemlerinin uluslararası insancıl hukuk çerçevesinde tartışılmasının alanın ana karakteristiği hâline geldiğini göstermektedir. "Law, etik ve

askeri etik gibi kavramların aynı grupta toplanması, hukuki tartışmalar ile etik tartışmaların birlikte ele alındığını gösterir. Bu da, konuların tek başına değil, bir arada tartışıldığını ortaya koyar.

Ama “robots”, “ai ethics” ve “humanitarian law” arandığında ya da sıralandığında, bu konuların değeri düşük kalıyor. Bu da bu konuların literatürde pek fazla işlenmediğini ve genelde asıl başlıklar içinde geçtiğini gösteriyor. Bu durum, bu kavramlar üzerine pek araştırma yapılmadığını ve genelde yapay zekâ ile ilgili tartışmalarda yan konu olarak yer aldığını gösteriyor. Genel olarak, eş oluşum ağı sonuçları, literatürde aslında teknik ayrıntılardan çok kurallar ve normlar etrafında bir kavramsal yapının daha çok öne çıktığını gösteriyor. Bu analiz, yapay zekâ ile çalışan akıllı mühimmat üzerine yapılan çalışmaların genelde bazı konulara yöneldiğini ve bu alanda merkezileşmenin fazla olduğunu gösteriyor. Diğer kavramlar çok fazla ele alınmıyor. Bu durum, alanın daha tam olarak oturmadığını ve ileride teknik, işleyişle ilgili ve kuramsal kavramların yazıda daha iyi yer bulmasının önemli olduğunu gösteriyor.

4.8. TEMATİK HARİTA ANALİZİ

Şekil 4.16'daki tematik harita, literatürde konuların hangi başlıklar altında toplandığını gösteriyor. Tematik harita, konuları anlamak için yardımcı oluyor. Haritanın sağ üst köşesinde motor temalar var. Bu motor temalar, merkeze daha yakın duruyor ve daha yoğun oldukları için genelde olgunlaşmış ya da öne çıkan temalar olarak biliniyor. Bu bölgede hukuk, etik ve askerî alan hep önde. Akıllı mühimmatla ilgili yazılarda da hukuk, etik ve askerî konular genellikle öne çıkıyor. Bu durum, otonom silahların sadece teknik konularla alakalı olmadığını, uluslararası insancıl hukuk ve etik kurallar yüzünden de gündeme geldiğini gösteriyor. Bu konuda yazılan metinleri genelde bu kurallar ve sınırlar şekillendiriyor.



Şekil 4.16. Tematik harita

Haritanın sağ alt bölümünde yer alan temel temalar ise yüksek merkezkiye rağmen görece düşük yoğunluğa sahip olup literatürün yapısal omurgasını oluşturan, ancak henüz derinleşme süreçleri devam eden kavramlardan meydana gelmektedir. Bu bölgede bulunan otonom silahlar, savaş ve sorumluluk gibi konuların merkezinde yer alıyor. Bu durum, akıllı mühimmatın şimdi daha çok dünya güvenliği, sorumluluk ve askeriyede değişimle ilgili hale geldiğini gösteriyor. Haritanın sol üst köşesinde niş temalar var. Bu temalar çok yoğun ama merkezde değil. Niş temalar daha küçük ve belirli araştırma konularını gösterir. Bu bölümde geçen hükümet, düzenleme ve ölümcül otonom silah sistemleri gibi kelimeler, kaynaklarda özel politika ve düzenleme konularının işlendiğini gösteriyor. Bu konular şu anda çok fazla kaynakta yok. Ama bu konular önemli ve ayrıntılarına bakmak lazım. Özellikle devletlerin ve uluslararası örgütlerin otonom silah sistemlerine yönelik düzenlemeleri çerçevesinde bu temaların ilerleyen yıllarda daha merkezi konuma geçme potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Haritanın sol alt köşesi genellikle ya yeni çıkan konuları ya da etkisi yavaş yavaş azalan konuları gösterir. Bu bölgede önce yeni teknolojilere, yapay zekaya, ölümcül

otonom silahlara ve ordulara önem vermişler. Sonra bu konular eskisi kadar konuşulmaz olmuş, başka şeyler ön plana çıkmış. Bu eksen sahada bir değişiklik olduğunu gösteriyor. Eskiden işler daha çok teknik ya da kavramsal konuşmalar üzerinden yürürken, şimdi daha birleşik, kurallara uyan ve politika odaklı çalışmalara dönüştü. Tematik haritaya bakınca, literatürde yapay zekâ, otonom silah sistemleri, uluslararası insancıl hukuk, askeri etik ve sorumluluk sistemleri dikkat çekiyor. Bu yapı, akıllı mühimmatlar üzerindeki çalışmalarda yeni teknolojilere ve bu teknolojiyle ortaya çıkan etik ve hukuki sonuçlara birlikte bakıyor. Motor temalar genellikle belirli kurallara göre ortaya çıkar. Bu yüzden kitaplarda strateji, hukuk ve etik kurallar tarafından belirlenir. Ama temel konular çoğunlukla iş ve teknik şeyler çevresinde ortaya çıkıyor. Bu da alanın teknik olarak büyümeye devam ettiğini gösteriyor.

4.9. ÜLKELER ARASI BİLİMSEL İŞ BİRLİĞİ AĞI (COUNTRY COLLABORATION NETWORK)

Bu çalışma, ülkelerin bilim alanında nasıl birlikte çalıştığını görmek için Country Collaboration Network analizi ile ilerliyor. Akıllı patlayıcılar ve otonom mühimmat sistemleri üretimi yapan ülkeler üzerinde duruyor. Ülkeler arasındaki ilişkiler de burada ortaya çıkıyor. Tablo 4.10'da bu verilere ulaşabilirsiniz. Sonuçlar, uluslararası iş birliğinin her yerde aynı şekilde işlemediğini, bazı yerlerde kümeler oluştuğunu ve iş birliğinin sadece birkaç ülke arasında olduğunu gösteriyor. Sonuçlara bakınca, İtalya ve Avustralya arasında daha çok bilimsel etkileşim var gibi görünüyor. Aynı şekilde, İspanya ve Çin arasında da bilimsel etkileşim daha fazla. Çin ve Endonezya arasında da bilimsel etkileşim dikkat çekiyor. Bu durum Avrupa'da ve Asya-Pasifik'te savunma teknolojileri, yapay zeka ve güvenlik gibi konularda birlikte projeler yapıldığını ve yapılan bu projelerin üniversitelerde yayımlanan makalelerde yer aldığını gösteriyor. Kuzey Amerika ülkeleri aynı ağda olsalar bile, doğrudan bağlantı pek yoktur. Savunma ve silah sistemleri ile ilgili işler, genellikle ülkenin güvenlik durumu düşünülerek yapılır. Bu nedenle, akademik araştırmalar başka ülkelerle ortak projelere pek açık sayılmaz.

Tablo 4.10. Yapay Zekâ Destekli Akıllı Mühimmat Literatüründe Ülkeler Arası Bilimsel İşbirliği Örnekleri

Gönderen Ülke	Alıcı Ülke	İşbirliği Yoğunluğu (Frekans)
İtalya	Avustralya	Yüksek
İspanya	Çin	Yüksek
Çin	Endonezya	Orta
Çek Cumhuriyeti	Ukrayna	Orta
Güney Afrika	Nijerya	Düşük
Güney Afrika	Portekiz	Düşük
Meksika	Arjantin	Düşük
Meksika	Şili	Düşük

Güney yarımküredeki ülkeler pek işbirliği yapmıyor, yine de bu durum dikkat çekiyor. Güney Afrika, Nijerya ve Portekiz bir araya geliyor. Bu ülkeler savunma teknolojileri ve güvenlikte bölgedeki üniversitelerle iletişim kurmak istiyor. Latin Amerika'da Meksika ile Arjantin arasında yapılan işler ve Meksika ile Şili arasındaki iş birlikleri, bölgedeki akademik çevrelerin savunma ve güvenlik araştırmalarına önemli katkılar sağladığını gösteriyor. Ülkeler arasında bilimde iş birliği ağı çok güçlü ya da düzenli değil. Genelde sadece bazı ülkeler birlikte çalışıyor. Bu ağ pek sıkı ve yoğun sayılmaz. Akıllı mühimmat sistemleri yapay zekâ kullandığı için, bu sistemler ülkenin savunmasında ve üstünlük kazanmasında önemli oluyor. Bu nedenle, akademik bilgi diğer ülkelerle çok paylaşılmıyor. Bu yüzden bu alan, daha kapalı ve güvenliğe dayalı bilgi üretme yollarını seçiyor. Açık bilimi ön plana almıyor. Bu bulgu, önceki bölümlerdeki atıf ve dergi analizlerinin sonuçlarıyla aynı. Bulgular, literatüre çoğunlukla belli ülkeler ve belli akademik grupların yön verdiğini gösteriyor.

4.10. YAZARLAR ARASI İŞBİRLİĞİ AĞI (AUTHOR COLLABORATION NETWORK)

Author Collaboration Network'e bakınca (Tablo 4.11), yazarların akademide birlikte nasıl çalıştığını görebiliyoruz. Bu ağ, yapay zeka ile çalışan akıllı patlayıcılar ve kendi kendine çalışan mühimmat sistemleriyle ilgili araştırmaların hangi yerden geldiğini anlamak için önemli bilgiler sunuyor. Bibliometrix ile yapılan ağ ölçümleri, bu alanda

çalışmaların çoğunlukla yalnız yapıldığını veya az kişiyle yapıldığını gösteriyor. Şu anda yazarlar birlikte çalışmıyor. Yazarlar uzun zamandır bir araya gelip bir şey yapmıyor. Sonuçlara baktım. Ağda birçok yazarın betweenness merkezi yok gibi duruyor. Kimse buradaki yazılar arasında bağlantı aramıyor. Farklı akademik grupları bir araya getiren kimse yok. Daha açık olmak gerekirse, yapay zekâ ile çalışan akıllı mühimmat üzerine genellikle az sayıda grup çalışıyor. Bu gruplar işleri tek başına yapıyor. Gruplar genellikle bilgi vermez.

Tablo 4.11. Yazarlar Arası İş Birliği Ağı Merkezilik Ölçütleri

Yazar	Küme	Aradallık (Betweenness)*	Yskınlık (Closeness)*	Sayfa Sıralaması (PageRank)*
Kahn L.	1	0.000	0.333	0.059
Horowitz M.C.	1	0.000	0.333	0.059
Macdonald J.	1	0.000	0.333	0.059
Schneider J.	1	0.000	0.333	0.059
Bogdanov K.	2	0.000	1.000	0.059
Yevtodyeva M.G.	2	0.000	1.000	0.059
Huelss H.	3	0.000	1.000	0.059
Bode I.	3	0.000	1.000	0.059
Anggrawan R.	4	0.000	0.500	0.059
Aulawi M.H.	4	0.000	0.500	0.059

* Betweenness değeri yazarın ağ içerisindeki aracılık rolünü, closeness değeri erişilebilirliğini, PageRank ise literatürdeki göreceli etkisini göstermektedir.

Closeness merkezîyet değerlerine bakınca, bazı yazarları kendi grupları içinde daha kolay bulmak mümkün. Ama bu, bütün ağ için geçerli değil. Bogdanov K., Yevtodyeva M.G., Huelss H. ve Bode I. kendi gruplarında closeness oranı yüksek. Fakat bu durum tüm ağ için merkezîleşme olduğunu göstermiyor. PageRank değerleri bütün yazarlarda birbirine yakınsa, alanda öne çıkan ya da alanı belirleyen yazar çok yok demek oluyor. Bu bulgular, alanın daha yeni gelişmeye başladığını ve burada şimdiye kadar iyi bir araştırma ekibi olmadığını gösteriyor. Yapay zekâ ile çalışan akıllı silah sistemleri teknik, etik ve hukuki konuları ilgilendiriyor. Fakat farklı ülkelerden gelen yazarlar genellikle birlikte çalışmıyor. Kaynaklarda bazen aynı kavramlar tekrar eder. Bu yüzden bazı araştırmalarda benzer tartışmalar karşımıza çıkabilir.

Yazarlara bakınca iş birliğinin pek güçlü olmadığını ve işlerin biraz dağınık gittiğini görmek mümkün. Burada birlikte çalışma alışkanlığı çok gelişmemiş gibi duruyor. Bu sonuç, daha önceki bölümlerde anlatılan ülke iş birliği ve anahtar kelime analizleriyle aynı yöne gidiyor. Yapay zekâ destekli silah sistemleriyle ilgili araştırmalar genellikle tek bir uzmanlık alanında yürütölüyor. İlerde başka alanlar ve başka ülkeler bir araya gelirse, araştırma ağları daha güçlü hale gelir. O zaman konu daha ayrıntılı ve başka yollarla araştırılabilir.



BÖLÜM 5 TARTIŞMA

Bu çalışma, 2016 ve 2025 yılları arasında yapay zeka ile çalışan akıllı patlayıcılar ve kendi kendine hareket eden silah sistemleri hakkında yazılan yazıların zaman içindeki değişimini gösterdi. Ayrıca bu yazıların hangi ülkelerde çıktığı ve konuların nasıl şekillendiği görüldü. Etik ve yasal konular da incelendi. Bu alana bakınca, sadece mühendislikten bahsetmek mümkün değil. Etik, hukuk ve güvenlik politikaları da bu alanda sıkça konuşuluyor. Farklı alanlar bir araya gelince, bu alan daha geniş bir araştırma alanı oluyor. Tartışma bölümünde bu sonuçlar eldeki bilgilerle kıyaslanır. Alanda neler olduğuna, hangi konuların eksik kaldığına ve nerelerde dengesizlikler görüldüğüne bakılır. Çalışmanın sağladığı yararlar da yeniden gözden geçirilir.

Bilimsel çalışmalar 2016 yılında bir yayın ile başlar. 2020'den sonra bilimsel üretim daha hızlı artar. 2022 ile 2024 arasında bilimsel üretim en yüksek seviyeye ulaşır. Her yıl büyüme oranı yüzde sekiz olursa, yapay zekânın askeri alanda kullanılması üzerine yapılan akademik çalışmalar her sene daha fazla artıyor. Bu durum, otonom silah sistemleri, insansız hava araçları ve akıllı mühimmat Suriye, Libya, Karabağ ve Ukrayna gibi savaş bölgelerinde ortaya çıktıkça daha da göz önüne çıkıyor. Son yıllarda politika metinleri ve akademik yazılar otonom silahlar, ölümcül otonom silah sistemleri ve sorumluluk kavramlarını daha çok vurguluyor. Dokümanlar ortalama 2,78 yaşında. Bu durum, alanın aslında yeni olduğunu ve sürekli değişim içinde kaldığını gösteriyor. Kavramlar ve kurallar hakkında yapılan konuşmalar tam olarak yerleşmedi.

Bilimsel üretim 2016 yılında bir yayın ile başladı. 2020 yılından sonra bilimsel üretim artış gösterdi. 2022 ile 2024 yılları arasında bilimsel üretim en yüksek seviyeye ulaştı. Her yıl büyüme oranı yaklaşık yüzde 8 olarak devam ediyor. Yapay zeka askeri alanda kullanılmaya başladığı zaman, bu alana yönelik akademik ilgi de yavaş yavaş artıyor. Suriye, Libya, Karabağ ve Ukrayna gibi savaş olan yerlerde kendi kendine çalışan silahlar, insansız hava araçları ve akıllı bomba gibi araçlar ortaya çıkıyor. Son yıllarda, politika metinlerinde ve akademik yazılarda bu tip silahlar, öldürücü silah

sistemleri ve sorumluluk konusu daha fazla gündeme geliyor (Horowitz, 2024; Umbrello, 2020). Dokümanlar ortalama 2,78 yaşında. Bu alan yeni. Burada her zaman bir hareket var. Ana fikirler ve kurallar henüz tam yerine oturmamış.

Dergi ve kaynakları incelemek, yayıncılığın bu alanda nasıl ilerlediğini başka bir şekilde gösterir. AI & Society, Ethics & International Affairs, Defence and Security Analysis, International Review of the Red Cross ve Journal of International Humanitarian Legal Studies gibi dergiler daha çok etik, uluslararası hukuk ve güvenlik üstüne yazılar yayınlıyor. Bu dergiler çokça yayın yapanlar arasında. Yani bu alanda teknik ya da mühendislikten çok, normlara dair konular ön plana çıkıyor. Bu dergiler, h-index, g-index ve toplam atıf sayıları ile öne çıkıyor. Buradan, otonom silahlar ve akıllı mühimmat alanında etik ve hukuk üzerine yapılan çalışmaların yalnızca fazla sayıda olmadığını, aynı zamanda etkili olduklarını görüyoruz (Gill, 2019; Maas, 2019). Bu örnek, savunma teknolojileri değişince önce akademide daha iyi bir silah sistemi yapmak isteğiyle başladığını gösteriyor. Buradaki insanlar çoğu zaman sistemleri nasıl kullanacaklarını, bu sistemlerden kimin sorumlu olacağını, yasal durumun ne olacağını ve etik sınırların nerede başlayıp nerede bittiğini düşünüyor. Bu, bir soru için hazırlandığını gösteriyor..

Atıf analizleri de aynı şekilde, temel düşüncenin kurallarını anlatan yayınların içinde toplandığını ve çoğunlukla teknik çalışmalardan çok bu normlara odaklanan yayınlarda bulunduğunu söylüyor. Dünyada en fazla atıf yapılan çalışmaların büyük kısmı, otonom silah sistemlerinin etik, yasal ve siyasi etkileri üstüne yazılan makalelerdir. Geist, nükleer güvenlik ve teknoloji riskleri üzerine çalışıyor. Gill, insan hakları ile yapay zeka ilişkisi hakkında yazıyor. Maas, uluslararası insancıl hukuk konusunu ele alıyor. Horowitz, otonom silahların uluslararası güvenlik sistemi üzerindeki etkisinden bahsediyor. Yazıların burada olması dikkat çekiyor. Yerel atıf analizi, veri kümesindeki iç referansların Umbrello, Boutin, Jones, Gill, Warren ve Sauer çalışmaları üzerinde daha fazla olduğunu gösteriyor. Bu makaleler, akıllı mühimmat ve otonom sistemleri sorumluluk, hesap verebilirlik, insani normlar, uluslararası hukukun güncellenmesi ve etik yönetim gibi başlıklar altında ele alır (Umbrello, 2020; Boutin, 2023). Bu yüzden, dünyada ve yerelde görülen atıf şekilleri, normlarla ilgili yazıların alanı nasıl etkilediğini gösterir.

Anahtar kelime eş-oluşum analizi ile tematik harita sonuçları, bu normların düşünceler üstündeki etkisini ortaya koyuyor. Eş-oluşum ağında artificial intelligence, autonomous weapons ve autonomous weapons systems doğrudan teknik, etik ve hukuki konularla ilişkili. Ağda bu konuların tam ortada yer aldığı net olarak görülüyor. Bu konular international humanitarian law, ethics, human rights, responsibility, governance ve regulation ile ilgili. Bu yüzden yapay zeka destekli silah sistemleri artık sadece bir teknoloji ya da güvenlik konusu olarak görülüyor. Şimdi herkes bu meseleyi uluslararası hukuk ve insani normlar açısından da konuşuyor. Tematik haritada “law”, “ethics” ve “military” ana temalar olarak var. Bu durum, sonucun güçlü olduğu anlamına geliyor. Otonom silah sistemleri ve savaş da ana konular arasında yer alıyor ama bu konular diğerlerine oranla daha az konuşulmuş. Buradan teknik ve operasyonel konuların daha önde geldiği görülüyor. Yine de tartışmalar normlar kadar ayrıntılı şekilde yapılmamış.

Bu sonuçlar, araştırmanın başında yapılan tahminlerle ve kaynaklara bakınca akla gelen düşüncelerle genellikle aynı oluyor. Araştırma ilk başladığında, yapay zeka ile çalışan akıllı mühimmat üzerine yazılanlar genellikle mühendislikle alakalıydı ve bu yazılar farklı yerlerde yer alıyordu. Son zamanlarda ise etik ve hukuki konular ön plana çıktı. Bu yüzden artık insanlar daha geniş ve her şeyi içine alan bir bakış açısına ihtiyaç olduğunu düşünüyor. Bibliyometri verileri bunu sayılarla gösteriyor. 2020’den sonra çıkan çalışmalar hemen dikkat çekiyor. Hem dünyada hem de Türkiye’de akıllı mühimmat meşru mu değil mi, sorumluluk kime ait, nasıl bir düzenleme olmalı gibi sorular art arda soruluyor. Bu konular artık herkesin konuştuğu ana başlıklar arasında.

Veri setinde Türkiye’den çıkan yayınlar pek fazla yok. En çok yayın yapan ülkeler listesinde Türkiye bulunmuyor. Bu durum da ayrıca dikkat çekiyor. Türkiye, insansız hava araçları, silahlı insansız hava araçları ve akıllı mühimmat konusunda dikkat çekiyor. Fakat bu teknolojiler üzerine dünyada yapılan teorik ve kural odaklı tartışmalara, Türk akademisi şu anda pek fazla dahil olmuyor. Bu bulgu, çalışmanın Türkiye’ye ait bilim alanında nasıl bir yer edindiğini gösteriyor. Türkiye’de savunma sanayii için yapılan teknik araştırmalar ve geliştirme işleri, akademik dergilerde daha çok etik, hukuk ve politika gibi başlıklarda ön plana çıkmalı diyor. Bu durum, savunma politikalarının yıllarca insanlarca kabul edilmesinde büyük bir paya sahiptir. Dünyada

konusulan konuları üniversiteler aynı anda ele almazsa, ülke bu konularda düşüncelerini anlatırken zorlanabilir.

Bilim insanları, farklı ülkeler arasında yapılan iş birliğinin her zaman aynı sonucu vermediğini açıkça göstermiş. Elde edilen bulgulara bakınca, bu etkinin her yerde aynı şekilde ortaya çıkmadığını görmek mümkün. Bazı ülkeler daha çok birlikte iş yapıyor. Ama bu iş birliği genelde belli konularla sınırlı kalıyor ya da sadece iki ülke arasında oluyor. Avrupa’da ve Asya-Pasifik’te birkaç önemli ortaklık var. Bu ortaklıklar, genellikle savunma teknolojileri ya da yapay zeka ile ilgili bazı programlardan ortaya çıkan akademik sonuçların bu bölgelerde bulunduğunu gösteriyor. Savunma teknolojisinde önde giden ülkeler çoğu yayını gizli tutuyor. Ülkeler, önceliklerine bakarak yayın seçiyor. Çünkü yapay zekâ ile geliştirilen silahlar stratejik ve güvenlik konusunda hassas şeyler içeriyor. Bu yüzden böyle bir durum oluyor ve aslına bakarsan bu da çok şaşırtıcı değil. Bu durum, akademik bilginin açık bilim yerine daha çok ulusal güvenlik kurallarına göre hareket ettiğini gösteriyor.

Yazarlar birlikte çalışınca yazarlar arasındaki sınır, akademisyenler için yeniden ortaya çıkıyor. Yazıda, yazarlar arasında yakın ya da kalıcı bağlar yok. Farklı araştırma gruplarını bir araya getiren önemli kişiler de yok. Bu yüzden alan büyük araştırma okulları kurmakta zorlanıyor. Pek çok yazarın aradallık merkezilik değeri sıfır. Bu da bilgi akışının daha çok yatay olduğunu ve bölük pörçük ilerlediğini gösteriyor. Disiplinler arası veya disiplinler üstü bir etkileşim görülüyor. Böyle bir durum, teknik, etik, hukuki ve politik yönleri olan yapay zeka destekli akıllı mühimmat için büyük bir eksiklik olarak görülebilir. Literattaki bu karışıklık, aynı fikirler farklı araştırmalarda tekrar tekrar ortaya çıkabilir ve teori çok da derinleşmeyebilir.

Anahtar kelime eş-oluşum ağına ve merkezilik ölçütlerine baktım. Literatürdeki kavramlar açıkça ortaya çıkıyor ve merkezde yer alıyor. Yapay zekâ internette önemli bir araç olarak öne çıkıyor. Yapay zekâ yalnızca teknik bir araç değildir. Yapay zekâ, farklı tartışmaları bir araya getiren bir çerçeve gibi görünür. Uluslararası insancıl hukuk, etik ve askeri etik çoğu zaman bir araya geliyor. Kuralların önce geldiği burada ortaya çıkıyor. Yazılarda hukuk ve etik daha açık görünüyor. Öte yandan, operasyonel kavramlar, doktrinel kavramlar ve mühendislik odaklı kavramlar daha düşük bir

merkezilik değeri taşıyor. Bu durum, teknik yeniliklerin akademik yazılarda şimdilik tüm ayrıntısıyla işlenmediğini ortaya koyuyor.

Bu çalışma, yapay zekayla çalışan akıllı patlayıcılar ve otonom silah sistemleriyle ilgili pek çok yazı ortaya çıktığını gösterdi. Bu konudaki yazılar çoğunlukla belirli kurallara uyarak ve biraz dağınık bir şekilde yayıldı. Bu çalışma, dağılmış literatürü bir araya getiriyor ve hem teknik tarafları hem de kuralları birlikte gösteriyor. Elde edilen bulgular, ileride yapılacak araştırmalar için üç nokta gösteriyor. İlk olarak, teknik mühendislik çalışmalarını etik ve hukuk ile bir araya getiren yaklaşımlar ortaya çıkarmak gerekiyor. Sonra, genelde Anglo-Amerikan bakışına dayanan küresel çalışmaların yerine, farklı bölgelerden gelen bakış açılarını da içeren çalışmalara yönelmek gerekiyor. Sonuçta, Türkiye gibi bu alanda önemli olan ülkelerin uluslararası akademik tartışmalara daha çok katılması için alanlar arasında araştırma programları hazırlamak önemli oluyor. Bu çalışma, kaynaklarda neyin yer almadığını net bir şekilde ortaya koyuyor. Akıllı mühimmat ve yapay zeka ile bağlantılı savunma teknolojileri üzerine yapılan bilimsel tartışmalar için ileride yapılacak araştırmalara güzel bir temel sunuyor.

Türkiye’de yapay zekâ ile çalışan silah sistemleriyle ilgili etik ve hukuki konularda fazla çalışma yok. Savunma sanayii projeleri çok gizli yürüyor, bu da büyük bir neden. Teknik bilgiler de genelde paylaşılmıyor. Farklı alanlarda çalışan araştırmacılar birlikte çalışma konusunda henüz alışık değil. Savunma sanayisinde araştırma ve geliştirme genelde ihtiyaçlara ve güvenliğe göre seçiliyor. Bu nedenle, araştırma ve geliştirme projelerinde etik ya da hukuki konular akademik yazılarda fazla görülüyor. Savunma sanayii alanında çalışan kişiler ile hukuk ve etik alanında çalışan akademisyenler arasında düzenli bir iş birliği olmayınca, savunma sanayii ile ilgili bilimsel çalışmalar da az oluyor.

Savunma sanayii ile hukuk ve etik genelde birlikte çok fazla akademik çalışma yapmıyor. Bu da savunma sanayiinin gelişmesini zorlaştırıyor. Mühendislik farklı bir şekilde çalışıyor, hukuk başka bir yol izliyor. Ortak araştırmalar için para bulmak zor. Disiplinler arası araştırma merkezleri de pek yok. Ama yapay zekâyla çalışan silah sistemleri sadece teknik güç anlamına gelmiyor. Hukuki sorumluluk, hesap verme, etik

gibi başka konular da ortaya çıkıyor. Bu nedenle farklı alanları bir arada ele alan yeni araştırmalara ihtiyaç var.



BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, yapay zekâ ile çalışan akıllı patlayıcılar ve otonom silah sistemleri hakkında yazılanları bibliyometrik yöntemlerle inceledi. Bu hızla değişen alanda akademik eğilimleri, kavramsal grupları ve farklı ülkelerdeki üretim ağlarını ortaya koydu. 2016 ile 2025 arası yapılan araştırmalar, teknoloji geliştikçe ve dünyada güvenlik değiştikçe bu alanda açık şekilde bir hızlanma olduğunu gösteriyor. Her gün yeni bir yayın çıkıyor. Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Krallık bilimsel çalışmaları genelde bu iki ülke içinde topluyor. Avrupa'da birçok ülke bir araya gelip birlikte çalışıyor, araştırmalarda iş birliği yapıyorlar. Tabloda savunma sanayi ulusal güvenlik için önemli olduğu zaman genelde içe dönük ve stratejik bir şekilde çalışıyor. Fakat Avrupa'da yapılan araştırma programları sınırları aşıyor ve üretim şekilleri başka ülkelere yayılıyor.

Akıllı mühimmat ve otonom silahlar hakkında yazılan yazıların çoğu mühendislik konularından çok etik, uluslararası hukuk, insancıl kurallar ve güvenlik politikaları gibi alanlara odaklanıyor. En çok atıf alan çalışmalar var. En çok üretim yapan dergiler de var. Bazen kullanılan anahtar kelime eş-oluşum ağı ve tematik harita gibi bazı göstergeler, bu alanda kuralcı konunun önde olduğunu gösteriyor. Burada yapay zekâ destekli silah sistemleri, ne kadar etkili, ne yapabiliyor gibi sorular akla geliyor. Yine de bu sistemler için kim sorumlu olacak, kim hesap verecek, bu silahlar hukuka nasıl uyacak ve etik açıdan bu silahlar nerede duracak gibi başka sorular da ortaya çıkıyor. Son zamanlarda uluslararası insancıl hukuk, askeri etik ve yapay zeka ile ilgili kurallar daha çok konuşuluyor. Şimdi pek çok kişi sadece otonom silahların nasıl yapılacağını değil, bu silahlar nasıl işler, bunları kimler kullanır, nelere dikkat etmeli, hangi kurallar olmalı, onları da düşünüyor. Bu konular pek çok akademik çalışmada yer alıyor.

Tematik kümeler, kaynaklarda iki farklı gelişim yolu olduğunu gösteriyor. Bir yanda otonom silah sistemleri bulunuyor. Yapay zeka kullanan savaş teknolojileri ve otomatik askeri operasyonlar için yapılan araştırmalar teknik altyapıyı geliştiriyor. Ama dünya

genelindeki hukuk, etik kurallar, ordu kuralları ve güvenlik planları bu sistemlerle ortaya çıkan yeni risklere bakıyor. Bu iki yönlü hareket, akıllı mühimmatlar şimdiye kadar pek çok yeri bir araya getirdi demek. Teknik araştırma yapmazsan kuralları tam anlamak kolay olmaz. Kuralları konuşmazsan teknik gelişmeler kendi yoluna gidiyor. “Law, ethics ve military temalarını haritaya ana konu olarak ekleyince bu alan artık sadece mühendislik alanı gibi kalmıyor. Aynı zamanda bütün dünya ile ilgili bir iş yönetimi gibi görülüyor.

Türkiye’de savunma sanayisi ile üniversitelerde yapılan işler arasında uyum olmadığını görüyorum. Türkiye sahada insansız hava araçları ve akıllı mühimmat sistemleri kullanıyor. Bu teknolojiler dünyada dikkat çekiyor ve başka ülkeler de bunları örnek alıyor. Ama yine de bu alanlarda yapılan akademik çalışmalar hem sayı olarak hem de içerik olarak pek fazla değildir. Türkiye savunma sanayii son yıllarda hem teknik hem de operasyonel anlamda dikkat çekti. Yine de, akademik yayınlarda bu gelişmelerin etik, hukuki ve stratejik boyutlarını ayrıntılı şekilde ele alan çok az çalışma var. Bu durum, savunma sanayii ile üniversitelerin daha fazla beraber çalışması gerektiğini ortaya koyuyor. Daha nitelikli bir akademik ortamın oluşturulması, teknolojik gelişmeler ile teorik bilgi üretimi arasındaki mesafenin azalmasını sağlayacak; böylece Türkiye’nin yalnızca sahadaki uygulamalarıyla değil, aynı zamanda normlar, kurallar ve stratejik tartışmalar üzerindeki entelektüel katkılarıyla da uluslararası düzeyde daha görünür ve etkili bir aktör hâline gelmesine imkân tanıyacaktır.

Akıllı mühimmat sistemleri ile ilgili teknik veya mühendislik yazılarına uluslararası akademik kaynaklarda ulaşmak genelde zor olur. Bunun en basit nedeni, akıllı mühimmat sistemleri ulusal güvenlik ve askerî güç ile doğrudan bağlantılıdır. Güdüm algoritmaları, hedef tanıma yazılımları ve karar destek sistemleri genellikle gizli bilgi kabul ediliyor. Bu yüzden bu konular genellikle açık akademik kaynaklarda bulunmuyor. Bu durumda, teknik araştırma ve geliştirmede ortaya çıkanlar genelde bir akademik yazıda olmaz. Askeri bir raporda, gizli bir proje dosyasında ya da bir patentte yer alır. Çoğu zaman yazılar bu teknolojilerin doğru olup olmadığını, hukukla ilgili olanları ve sonunda ne olduğunu anlatır. Teknik konular hakkında yazılan yazıların sayısı daha düşüktür.

Türkiye’de akıllı mühimmat sistemleri ve yapay zeka hakkında pek bilimsel çalışma bulmak zor. Çünkü veri güvenliğini sağlamak gerekiyor, teknik sırları korumak zorunlu ve savunma sanayisinde çok sıkı güvenlik kuralları var. Bu yüzden, Türkiye’de teknik çalışma yapanlar genellikle yazılarını akademik dergilerde paylaşmıyor. Teknik çalışmalar yayınlanmadığı için kaynaklarda daha çok etik, hukuk ve politika konulu yazılar yer alıyor. Bu yüzden, ülkedeki akademik çalışma sayısının az olması teknik bilgi eksikliğinden gelmiyor. Burada esas sebep, güvenlik gerekçesiyle getirilen bilgi paylaşımı kuralları oluyor.

Bu çalışma, akıllı mühimmat ve yapay zekâ ile ilgili askeri teknolojiler hakkında yazılanları sayı ve içerik açısından düzenli olarak inceler. Çalışma, bu konuya genel bir bakış sunar. Bu çalışma teknik, kurallar ve politika ile ilgili konuları toplar. Fikirleri bir araya getirerek çözmeyi kolaylaştırır. Bulgular, gelecekte yapılacak işler için üç ana yol gösteriyor. Öncelikle, teknik mühendislikteki çalışmaları etik, hukuk ve yönetimle daha yakından birleştirmenin yeni yollarını bulmak gerekiyor. Ayrıca, farklı alanların yaklaşımlarını birlikte kullanmak da önemli. Bir yandan sadece Anglo-Amerikan düşüncelere bağlı kalmamak lazım. Başka yerlerden çıkan fikirler de önemli. Ordusu hızlı gelişen ülkelerin bakış açısı da yazılara daha fazla eklenmeli. Üçüncü olarak, Türkiye’deki operasyon deneyimi ve teknoloji bilgisiyle, uluslararası akademik tartışmalara sürekli ve güçlü destek sağlayacak kurumsal araştırma yapıları kurmak gerekiyor.

KAYNAKLAR

- [1] Akyaz, T. B., & Bozdemir, M. (2019). Akıllı Mühimmat Teknolojisi Ve Çalışma Sistemleri.
- [2] Alcántara Suárez, E. J., & Monzon Baeza, V. (2023). Evaluating the role of machine learning in defense applications and industry. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 5(4), 1557-1569.
- [3] Amoroso, D., & Tamburrini, G. (2021). Autonomy in weapons systems and its meaningful human control: a differentiated and prudential approach. In *Technology and International Relations* (pp. 45-66). Edward Elgar Publishing.
- [4] Andújar, C., Slater, M., Slater, M., Di Dalmazi, M., Friedman, D., Galissaire, J., ... & Kobusinska, A. (2025). A multidisciplinary approach to understanding the technology, opportunities, challenges, and implications for society of the metaverse.
- [5] Atakishiyev, S., Salameh, M., Yao, H., & Goebel, R. (2024). Explainable artificial intelligence for autonomous driving: A comprehensive overview and field guide for future research directions. *IEEE Access*.
- [6] Banasik, M. (2021). Trends in the development of Russian precision-guided weapons. *Safety & Defense*, 1, 25-36.
- [7] Baughman, J. (2024). The Path to China's Intelligentized Warfare. *The Cyber Defense Review*, 9(3), 29-36.
- [8] Bode, I., Huelss, H., Nadibaidze, A., Qiao-Franco, G., & Watts, T. F. (2023). Prospects for the global governance of autonomous weapons: comparing Chinese, Russian, and US practices. *Ethics and Information Technology*, 25(1), 5.
- [9] Borodacz, K., & Szczepański, C. (2024). GNSS denied navigation system for the manoeuvring flying objects. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 96(1), 63-72.
- [10] Burdette, Z., Phillips, D., Heim, J. L., Geist, E., Frelinger, D. R., Heitzenrater, C., & Mueller, K. P. (2025). An AI Revolution in Military Affairs?
- [11] Che, J., Fang, L., Zhong, Z., Su, X., Ma, Q., & Yu, G. (2024, July). A survey of automatic target recognition technology based on multi-source data fusion. In *IET Conference Proceedings CP886* (Vol. 2024, No. 12, pp. 1592-1599). Stevenage, UK: The Institution of Engineering and Technology.
- [12] Chen, Z., Lai, J., Li, P., Awad, O. I., & Zhu, Y. (2024). Prediction horizon-varying model predictive control (MPC) for autonomous vehicle control. *Electronics*, 13(8), 1442.
- [13] Çetinkaya, S. G., & Koç, M. (2023). Türkiye'nin insansız hava araçları serüveni. *Anadolu Strateji Dergisi*, 5(1), 1-27.
- [14] Defense Primer: U.S. Precision-Guided Munitions. (2025). <https://www.congress.gov/crs-product/IF11353>
- [15] Del Toro, C. (2023). Department of the Navy Cyber Strategy November 2023.

- [16] Demoret, B. (2024). *The Problematic Nature of Autonomous Weapon Systems: A Jus in Bello Accountability* (Master's thesis, University of Wyoming).
- [17] Dignum, V. (2023). Responsible artificial intelligence: Recommendations and lessons learned. In *Responsible AI in Africa: Challenges and opportunities* (pp. 195-214). Cham: Springer International Publishing.
- [18] Doğan, E. (2022). Dijital çağda yeni bir hukukî kişilik arayışı: Yapay zekâ. *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, 158, 213-256.
- [19] European Commission. (2025). Defense and Artificial Intelligence. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/769580/EPRS_BRI\(2025\)769580_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/769580/EPRS_BRI(2025)769580_EN.pdf) Erişim Tarihi: 17.11.2025
- [20] Floridi, L., & Chiriatti, M. (2020). GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences. *Minds and machines*, 30(4), 681-694.
- [21] Gentile, G., Shurkin, M., Evans, A. T., Gris  , M., Hvizda, M., & Jensen, R. (2021). A history of the Third Offset, 2014-2018.
- [22] Gilbert, C., & Gilbert, M. A. (2024). The security implications of artificial intelligence (AI)-powered autonomous weapons: Policy recommendations for international regulation. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 9(4), 205-219.
- [23] Grace, K., Sandk  hler, J. F., Stewart, H., Weinstein-Raun, B., Thomas, S., Stein-Perlman, Z., ... & Korzekwa, R. C. (2025). Thousands of AI authors on the future of AI. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 84.
- [24] Gui, S., Song, S., Qin, R., & Tang, Y. (2024). Remote sensing object detection in the deep learning era—a review. *Remote Sensing*, 16(2), 327.
- [25] Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California management review*, 61(4), 5-14.
- [26] Hoehn, J. R., & Ryder, S. D. (2020). Precision-guided munitions: background and issues for congress.
- [27] Hoehn, J. R., & Ryder, S. D. (2020). Precision-guided munitions: background and issues for congress.
- [28] Jiang, W., Wang, Y., Li, Y., Lin, Y., & Shen, W. (2023). Radar target characterization and deep learning in radar automatic target recognition: A review. *Remote Sensing*, 15(15), 3742.
- [29] Jordan, M. I. (2019). Artificial intelligence—the revolution hasn't happened yet. *Harvard Data Science Review*, 1(1).
- [30] Kahn, L., & Horowitz, M. C. (2023). Who gets smart? Explaining how precision bombs proliferate. *Journal of Conflict Resolution*, 67(1), 3-37.
- [31] Kunertova, D. (2023). The war in Ukraine shows the game-changing effect of drones depends on the game. *Bulletin of the atomic scientists*, 79(2), 95-102.
- [32] Kunertova, D. (2024). *Learning from the Ukrainian battlefield: tomorrow's drone warfare, today's innovation challenge*. ETH Zurich.
- [33] Liang, P., Bommasani, R., Hudson, & Adeli, E. (2022). On the opportunities and risks of foundation models. *arXiv preprint arXiv:2108.07258*, 1.
- [34] Longpre, S., Storm, M., & Shah, R. (2022). Lethal autonomous weapons systems & artificial intelligence: Trends, challenges, and policies. *Edited by Kevin McDermott. MIT Science Policy Review*, 3, 47-56.
- [35] Masaaki, Y. (2022). PLA's Intelligitized Warfare: The Politics on China's Military Strategy. *Security and Strategy*, 2(1), 17-36.

- [36] McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine*, 27(4), 12-12.
- [37] McCue, J. R., Lowther, A., & Davis, J. (2023). A TACTICAL NUCLEAR MINDSET. *Æther: A Journal of Strategic Airpower & Spacepower*, 2(2), 5-17.
- [38] Morales, E. F., & Escalante, H. J. (2022). A brief introduction to supervised, unsupervised, and reinforcement learning. In *Biosignal processing and classification using computational learning and intelligence* (pp. 111-129). Academic Press.
- [39] Nancy, J., Benitta, C., & Noel, D. (2025). Autonomous Weapons Systems and the Ethics of AI-Driven Warfare.
- [40] Nistorescu, C. V. (2024). Loitering Munitions–Possible “Game Changer” in Future Warfare. *Romanian Military Thinking*, (2), 52-65.
- [41] Nilsson, N. J. (2009). *The quest for artificial intelligence*. Cambridge University Press.
- [42] OpenAI. (2024). *GPT-4 technical report*. OpenAI. <https://cdn.openai.com/papers/gpt-4.pdf> Erişim Tarihi: 08.11.2025
- [43] Özgen, C. (2023). Silahlı İnsansız Hava Araçlarının Türkiye İle Yunanistan Arasındaki Askerî Güç Dengesine Etkisi. *Asya Studies*, 7(26), 277-290.
- [44] Öztürk, H. T. (2022). Türk Savunma Sanayisinde Ar-Ge ve Yenilik Sistemleri. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, (20), 129-137.
- [45] Pabitha, C., Chatrapathy, K., Sophia, S., Rajendiran, M., Sabarinathan, G., & Saroj, N. S. (2025). Weapon detection in armed forces for security purposes using artificial intelligence through fuzzy logic system. In *Hybrid and Advanced Technologies* (pp. 685-690). CRC Press.
- [46] Pasek, A. (2014). Renaissance robotics: Leonardo da Vinci’s lost knight and enlivened materiality. *Grad J Vis Mater Cult*, 7, 1-25.
- [47] Perrin, B. (2025). Lethal Autonomous Weapons Systems & International Law: Growing Momentum Towards a New International Treaty. <https://www.asil.org/insights/volume/29/issue/1> Erişim Tarihi: 08.11.2025
- [48] Pickover, C. A. (2024). *Artificial intelligence: An illustrated history: From medieval robots to neural networks*. Hachette UK.
- [49] Rashid, A. B., Kausik, A. K., Al Hassan Sunny, A., & Bappy, M. H. (2023). Artificial intelligence in the military: An overview of the capabilities, applications, and challenges. *International journal of intelligent systems*, 2023(1), 8676366.
- [50] Remusati, H., Le Caillec, J. M., Schneider, J. Y., Petit-Frère, J., & Merlet, T. (2024). Generative adversarial networks for sar automatic target recognition and classification models enhanced explainability: Perspectives and challenges. *Remote Sensing*, 16(14), 2569.
- [51] Russell, S. (2022). Human-Compatible Artificial Intelligence. *Human-like machine intelligence*, 1, 3-22.
- [52] Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Global Edition 4e.
- [53] Sayıl, A., & Erden, F. (2024). The History of Guided Bombs, Guidance Kits, Wing Kits, and Wing Deployment Mechanisms. *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 17(2).

- [54] Schmidt, E. (2022). AI, great power competition & national security. *Daedalus*, 151(2), 288-298.
- [55] Sharifani, K., & Amini, M. (2023). Machine learning and deep learning: A review of methods and applications. *World Information Technology and Engineering Journal*, 10(07), 3897-3904.
- [56] Simon, H. A., & Newell, A. (1958). Heuristic problem solving: The next advance in operations research. *Operations research*, 6(1), 1-10.
- [57] Singh, A. K. (2023). US Cluster Munitions for Ukraine: Military Context and Legal Considerations.
- [58] SSB. (2023). *2023–2027 Savunma Sanayii Strateji Belgesi*
- [59] Staufer, B. (2025). A Hazard to Human Rights Autonomous Weapons Systems and Digital Decision-Making. <https://www.hrw.org/report/2025/04/28/hazard-human-rights/autonomous-weapons-systems-and-digital-decision-making> Erişim Tarihi: 08.11.2025
- [60] Şahbaz, A., & Keçili, M. F. (2025). 2000 Yılı Sonrası Türk Savunma Sektörü ve Geliştirilen Stratejilerin İncelenmesi. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 6(11), 62-76.
- [61] Toptaş, M., & Yılmaz, M. (2021). Akıllı yangın söndürme mühimmatının sayısal analizi. *Journal of Aviation*, 5(1), 22-35.
- [62] Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. In *Parsing the Turing test: Philosophical and methodological issues in the quest for the thinking computer* (pp. 23-65). Dordrecht: Springer Netherlands.
- [63] U.S. DoD [Department of Defense]. (2023). 2023 cyber strategy. http://media.defense.gov/2023/Sep/12/2003299076/-1/-1/1/2023_DOD_Cyber_Strategy_Summary.pdf Erişim Tarihi: 17.11.2025
- [64] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- [65] Vuyk, K. E. (2024). Why Outlaw Laws?: An Argument for a Probationary Period for Lethal Autonomous Weapons Systems under Meaningful Human Control. *IPCLJ*, 9, 1.
- [66] Wehrey F. & Bonney A. (2025). The Middle East's AI Warfare Laboratory. War on the Rocks. <https://warontherocks.com/2025/04/the-middle-east-ai-warfare-laboratory/> Erişim Tarihi: 08.11.2025
- [67] Wells, W. (2025). Battlefield Evidence in the Age of Artificial Intelligence-Enabled Warfare. *Chi. J. Int'l L.*, 26, 217.
- [68] Wilbur, J., & Jaffee, J. (2021). Optical Detection and Classification of Military Munitions Underwater.
- [69] Williams, J. (2021). Locating LAWS: Lethal autonomous weapons, epistemic space, and “meaningful human” control. *Journal of Global Security Studies*, 6(4), ogab015.
- [70] Yeom, K. (2022). Model predictive control and deep reinforcement learning based energy efficient eco-driving for battery electric vehicles. *Energy Reports*, 8, 34-42.
- [71] Zhou, W., Xu, Y., & Huang, Y. (2025). Design of automatic target recognition and detection system for sensors based on improved machine vision control. *Diagnostyka*, 26.

- [72] Zou, X., Deng, A., Hu, Y., Hua, S., Zhang, L., Xu, S., & Zou, W. (2022). High-resolution and reliable automatic target recognition based on photonic ISAR imaging system with explainable deep learning. *arXiv preprint arXiv:2212.01560*.

