

# Muharip İHA'ların İnsanlı Savaş Uçaklarından Yönetilmesi İçin Gerekli Otonomi Seviyelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

## A Research On Determining The Autonomy Levels Necessary For Managing Combatant UAVs From Manned Combat Aircraft

Güray Kasapoğlu<sup>1</sup>, Özer Demir<sup>1</sup>, Halil Sert<sup>1</sup>, Tolga Türkmen<sup>1</sup>, Haluk Gözde<sup>1</sup>, Serkan Kurt<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TUSAŞ)  
Ankara / Türkiye

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Hab. Müh. Böl.  
İstanbul / Türkiye

guray.kasapoglu@tai.com.tr, ozer.demir@tai.com.tr, halil.sert@tai.com.tr, tturkmen@tai.com.tr,  
haluk.gozde@tai.com.tr, skurt@yildiz.edu.tr

### Öz

Savunma sanayiinde öncü ülkeler tarafından geliştirilen ve otonom şekilde tek ya da sürü halinde görev yapabilen İHA'ların, havadaki başka bir muharip uçak tarafından yönlendirilmesi konseptinin uygulamaya geçmesi askeri havacılık alanında yeni bir çağın başlangıcı olmuştur. Silahlı bir güç olarak otonom İHA'ların daha fazla yetkiye sahip olması ve pilotun artan otonomi seviyelerinde döngünün dışına doğru çekilmesi nihai beklentidir. Ancak mevcut otonomi yaklaşımlarının henüz söz konusu konseptte kullanılacak seviyede olmadığı değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, insanlı-insansız iş birliği konsepti (Manned UnManned – MUM-T) içinde tek başına insan veya yapay zekâ tarafından yapılması zor görevleri iş birliği içerisinde gerçekleştirirken, farklı görevler için ihtiyaç duyulan fonksiyonların hangi yetki seviyelerinde kimler tarafından yapılacağına tespit edilmesi ve bu yetkilendirmelerin standart hale getirilmesi için manuel kullanımdan tam otonomiye kadar gerekli otonomi seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, operatif seviyede yapılacağı öngörülen 11 adet fonksiyon uzman görüşüyle incelenerek her biri için altışar seviyeli otonomi çizelgeleri özgün olarak oluşturulmuş ve literatüre sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İnsansız Hava Aracı, İnsanlı Savaş Uçağı, İnsanlı-İnsansız İş birliği, Otonomi Seviyeleri.

### Abstract

The implementation of the concept of UAVs, which were developed by leading countries in the defense industry, can operate autonomously alone or in groups, being guided by another combat aircraft in the air, has marked the beginning of a new era in the field of military aviation. As an armed force, the ultimate expectation is that autonomous UAVs will have more authority and the pilot will be pulled out of the loop with increasing levels of autonomy. However, it is considered that current autonomy approaches are not yet at the level to be used in this concept. In this study, while performing tasks that are difficult to do by humans or artificial intelligence alone within the concept of Manned-UnManned Teaming, it is aimed to determine who will perform the functions needed for different tasks at what authority levels and to standardize these authorizations. The aim is to determine the required autonomy levels, from manual use to full autonomy. For this purpose, 11 functions that were predicted to be performed at the operative level were examined with expert opinion, and six-level autonomy charts for each were originally created and presented to the literature.

**Key Words:** Unmanned Aerial Vehicle, Manned Combat Aircraft, Manned-Unmanned Cooperation, Autonomy Levels.

## 1. Giriş

Günümüzde insansız hava araçları ve yapay zekâ uygulamaları oldukça popülerlik kazanmıştır. Sektörde oluşan pazar potansiyeli üretici firmaların da artışına sebep olmuş, çok sayıda yapay zekâ tabanlı insansız hava aracı projesi geliştirilmeye ve sahada kullanılmaya başlanmıştır.

İHA'lar genelde üç farklı alanda hizmet edecek şekilde geliştirilmektedir:

- Savunma ve güvenlikle ilgili yeni nesil İHA geliştirilme projelerinde artış gözlenmektedir.
- Tarım, nakliye, haritalama, kontrol, görüntüleme ve eğlence gibi uygulamalar için genelde küçük ebatlı uzaktan kumandalı İHA geliştiren şirketlerde belirgin bir artış gözlenmektedir. Bu tarz şirketler savunma sanayiine yönelik hızlı ve ucuz çözümler ile bu alanda da faaliyet gösterme eğilimindedirler.
- Akademik alanda ise; havacılık, uzay, robotik, kontrol sistemlerinin geliştirilmesinin yanı sıra saha uygulamalarını gerçekleştirirken farklı alanlardaki ihtiyaçlar için özel İHA sistemlerini de geliştiren akademik kurumlar mevcuttur.

Bu insansız hava sistemleri birkaç santimetreden onlarca metreye varan kanat açıklığı ve birkaç yüz gramdan tonlarca ağırlığa ulaşabilecek kadar çok çeşitlidir. Uçuş performansları yönüyle incelendiğinde; birkaç saniyeden iki haftaya kadar havada kalabilme kabiliyeti gibi çok farklı yetenekler sergilemektedirler [1].

Artık İHA'lar önemli ölçüde otomasyon içermekte ve bu özellikleri; makine öğrenmesi ile kendini geliştirebilen yapay zekâyâ sahip sistemlere doğru evirilmektedir. Farklı amaçlar için üretilmiş bu kadar çeşitli özelliklere sahip İHA'ların yapay zekâ ile otonom olarak hem de sürü halinde görev icra ederek insana karşı kullanılacak birer silah haline dönüşmesinin başlattığı tartışmalar yakın gelecekte artarak devam edecektir. Harekât alanında bu tip örnekler görüldükçe bu konu gündemin merkezinde yer alacaktır.

Hâlihazırda tam otonomi yetkisine sahip olmayan buna benzer sistemlerin insanlarla takım halinde görev yapmaları konseptine dayalı ürünlerin test uçuşları başlamıştır [2] [3] [4]. Bu durum göz önüne alındığında insan ve yapay zekâ arasındaki işgücü ve yetki paylaşımına olanak sağlayacak otonomi seviyelerinin belirlenmesi konusu önem kazanmaktadır. Bu konuda bugüne kadar birçok çalışma yapılmış olsa da değişen ürün yelpazesi açısından söz konusu çalışmalar yetersiz kalmış veya nihayetinde bu çalışmaların yapay zekânın silah kullanma yetkisine bağlı olarak ele alındığı veya insanın gittikçe devreden çıkartılarak, tam otonomi kavramına odaklanıldığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada, insanlı-insansız işbirliği konsepti (Manned UnManned Teaming – MUM-T) içinde tek başına insan (pilot ve/veya operatör) veya yapay zekâ tarafından yapılması zor olan görevleri işbirliği içerisinde gerçekleştirirken, farklı görevler için ihtiyaç duyulan fonksiyonların insanlı ve insansız uçaklar tarafından hangi yetki seviyelerinde kimler tarafından yapılacağıın tespit edilmesi ve bu yetkilendirmelerin standart hale getirilmesi için manuel kullanımdan tam otonomiye kadar gerekli otonomi seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, operatif seviyede yapılacağı öngörülen hedefleme, keşif/gözetleme ve istihbarat görevleri uzman görüşüyle incelenerek her biri için altışar seviyeli otonomi çizelgeleri özgün olarak tasarlanmıştır.

## 2. Hedef, Hedefleme Faaliyetleri ve İstihbarat Keşif Sistemleri

İHA sistemleri için sistemin/birimin amacını ortaya koymak için kullanılan hedef terimi ile askeri kullanımı farklıdır.

**Örneğin;** olaylara otonom olarak tepki verebilme, tehditleri takip edebilme, çevreyi tanıyabilme ve çevre hakkında muhakeme yapabilme yeteneği (geniş alan gözetleme) otonom hava araçları için hedef olarak tanımlanmaktadır [5] [6].

Ancak askeri bakış açısı ile hakkında her türlü bilginin toplanarak istihbarat elde edilmesine ihtiyaç duyulan ve etki altına alındığında harekâtın gidişatına yönelik bir değişiklik, fayda sağlayacak tesis, kurum, karargâh, silah, sistem, araç, gereç, kişiler vb. unsurlar hedef olarak ele alınmaktadır.

Hedefleme faaliyetleri ise genel olarak; silahlı kuvvetlerde üst seviye planlamalarla oluşturulan hedef listelerinin istihbarat toplama ve değerlendirme çevrimi ile güncellendiği, barış zamanında başlayan sürekli bir faaliyettir. Hedefler belirlendikten sonra haklarında bilgi toplama, en doğru zamanda ve en uygun şekilde etki altına alınabilmeleri için taktik planlama safhalarını içeren çok kapsamlı müşterek bir çalışma gerçekleştirilir ve hedeflerin durumlarında bir değişiklik olup olmadığı sürekli kontrol edilir.

Daha henüz hedef statüsüne girmemiş bölge veya unsurlara yönelik istihbarat gözetleme ve keşif sistemleri kullanılarak bilgi toplamak, korunmasına ihtiyaç duyulan bölgelere yönelik gözetleme yaparak gelebilecek tehditleri önceden algulamak veya hakkında istihbarat elde edilen veya şüphelenilen unsurlara yönelik bilgi elde etmek amacıyla icra edilen görevlerin yanı sıra tanımlanmış hedeflere yönelik de çeşitli amaçlarla keşif ve gözetleme faaliyetleri gerçekleştirilmektedir.

Taşındıkları faydalı yükler ve kabiliyetleri nedeniyle; barış zamanı genelde istihbarat, keşif ve gözetleme görevleri icra eden İHA sistemleri, kriz ve savaş zamanlarında hedefleri etkisiz hale getirmek veya imha etmek amacıyla görevlendirilmektedirler. Askeri amaçlı kullanılan hemen tüm İHA sistemlerinde; hedef tespit ve takibi yeteneği görevin başarılması için en büyük rolü oynamaktadır. Genel olarak, sınıflandırma, tanıma ve diğer görevleri tamamlamak için insan gözünün yerini almak üzere hedef bilgilerini analiz etmek için farklı kameralar ve görsel algoritmalar kullanılmaktadır [7].

## 3. Otonomi ve Otomasyon

Günümüzdeki uygulamalar hem askeri hem de sivil alanlarda insansız sistemlerin faydalarını kanıtlamış olsa da bu sistemlerden sağlanabilecek maksimum fayda ancak otonom olarak görev icra edebildiklerinde ortaya çıkacaktır [8].

Otonomi ve otomasyon terimleri birbirinin yerine kullanılsa da gerçekte ikisi tamamen farklı şeylerdir. Otomasyon uzunca bir süredir var olan bir kavramdır ve bir makinenin bir işi, çalışma süresi boyunca insan faktörüne bağlı olmadan gerçekleştirmesine karşılık gelir. Yani programlanmış eylemlerden oluşur. Örneğin, ticari bir yolcu uçağındaki otopilotun belirlenen rotada uçmayı sürdürmesi bir otomasyondur. Ancak bu durumda gerçek pilotun diğer çeşitli koşulları izlemek için kokpit içindeki yerinde hazır bulunması gerekmektedir. Klasik otopilot sistemlerinin yaklaşan nesnelere veya fırtınaları tespit etmesi ve gelişen bu durumlara göre güvenli, uygun yeni bir rota belirlemeleri mümkün değildir. Ama yeni nesil İHA sistemleri insan müdahalesi olmaksızın

bağımsız düşünebilecek ve hareket edebilecek şekilde otonom olmak durumundadırlar [9]. Otonomi başka bir kişi ya da kurumdan bağımsız karar verme, kendi kendini yönetebilme yetisine denir. Otomasyon terimi çalışma süreci için kullanılmakta, otonomi terimi ise yetkinlik seviyesini göstermektedir.

Sektörde günümüze kadar tanımlanmış tüm otonomi seviyesi belirleme çalışmalarında insan müdahalesi, artan her bir seviyede kademeli olarak azalmakta ve yerine otonom sistemler geçmektedir.

#### 4. Havada Otonomi

İnsanlı ya da insansız tüm hava araçlarında otonomi seviyeleri, uçuş emniyeti, uçuşa elverişlilik ve sertifikasyon gibi kurallar da dikkate alınarak ayrıca ele alınmalıdır. Bir insansız hava aracına yön veren yapay zekâ;

- Kendi sensörlerinin ve sistem sağlık durumunun farkında olmalı, statüsünün elverdiği ölçüde bir görevi başlatmaya veya tamamlamaya karar verebilmeli,
- İnsan yardımı olmadan çevresini algılamalı ve tepki verebilmeli,
- Görevde sürekliliği sağlamalı, görevi başarıyla yerine getirebilmeli,
- Kaynak yönetimi, optimum enerji kullanımı, arıza ve yedek parça takibi gibi konuları izleyerek yönetebilmeli,
- Aynı harekât ortamını paylaşan diğer otonom İHA'larla ortak bir görevi başarmak için aralarında koordinasyon ve hatta çok sayıda otonom İHA ile sürü oluşturabilmeli,
- Aksi belirtilmedikçe kendisini ve sürü elemanlarını zararlı durumlardan uzak tutmalı,
- Ancak öncelikle dost kuvvetleri ve sivil halkı güvende tutarak onların güvenliği için kendini feda edebilmeli,
- Tüm bunların yanı sıra; görevden göreve değişen insanlı ekiplerle birlikte ortak görev icra ederek, görev paylaşımı ile kendi üzerine düşen işleri başarıyla yapabilmeli,
- Ve en önemlisi komutası altında çalıştığı görev liderine biat ederek, verilen talimatları en uygun şekilde yerine getirmelidir [9].

#### 5. Otonomi Seviyeleri

Birçok kurum tarafından değişik amaçlar ve farklı sistemlere yönelik olarak otonomi seviyelerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Literatürde bu konuyla ilgili rastlanan belli başlı çalışmalara aşağıda değinilmektedir.

1992 yılında Sheridan tarafından bu konudaki ihtiyacın öngörülerek tanımlandığı 10 maddelik otonomi seviyeleri yaklaşımı Tablo-1'de gösterilmiştir [10].

ABD Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı tarafından gerçekleştirilen 2002 tarihli çalışmada otonomi kontrol seviyeleri başlığı altında (Autonomous Control Levels-ACL) 11 seviye tanımlanmıştır [11]. 2003 tarihinde NASA tarafından tanımlanan 8 katmanlı otonomi seviyeleri (Tablo-2) ise gözle, analiz et, karar ver ve harekete geç (OODA-observ, orient, decide and act) yaklaşımı üzerine kurgulanarak ele alınmış olup üst çerçeveden görevin fonksiyonlarına yönelik otonomi seviyelerini belirlemesi açısından dikkat çekici bulunmuştur [12].

Tablo-1: Sheridan'ın otonomi seviyeleri (orijinal dilde) [10]

1	The computer offers no assistance, the human must do it all.
2	The computer offers a complete set of action alternatives, and
3	narrows the selection down to a few, or
4	suggests one, and
5	executes that suggestion if the human approves, or
6	allows the human a restricted time to veto before automatic execution, or
7	executes automatically, then necessarily informs the human, or
8	informs him after execution only if he asks, or
9	informs him after execution if it, the computer, decides to.
10	The computer decides everything and acts autonomously, ignoring the human.

İnsansız sistemler için otonomi seviyelerini tanımlamak ve otonomi seviyelerini ölçebilecek bazı metrikler ortaya koymak için 2004 yılında kurulan ALFUS (Autonomy Levels for Unmanned Systems) isimli "İnsansız Sistemler için Otonomi Seviyeleri" çalışma grubunun hazırlanmış olduğu dokümanda otonomi seviyeleri; otonom iş birliği, yarı otonomi ve tam otonomi olarak 3 seviye ile sınırlı tutulmaktadır. Buna rağmen görevde kullanılan bazı fonksiyonlar için ilgili fonksiyona yönelik 5 ayrı seviye belirlenmiştir [13]. NATO Endüstriyel Danışma Grubu tarafından 4 seviyeli bir otonomi skalası 2004 yılında yayımlanmıştır (Tablo-3) [14]. Aynı tablo daha sonra 2016 yılında NATO Bilim ve Teknoloji Organizasyonu (Science and Technology Organization - STO) Görev Grubu tarafından gerçekleştirilen çalışma da benimsenmiş ve jenerik potansiyel otonomi seviyeleri (Non-Contextual Autonomy Potential - NCAP) olarak raporlarında yer almıştır [15].

NATO STANAG 4586 (2012) dokümanında bu kez birlikte çalışabilirlik (interoperability) konusu 5 seviyede incelenmiştir. Bu dokümanda "Otonomi Seviyeleri" ismi kullanılsa da konunun ele alınış şekli çok yakındır. Tablo-4'te haberleşme konusunda belirlenen otonomi seviyeleri görülmektedir [16]. ABD Donanması Deniz Araştırma Ofisinin 2015 tarihli çalışmasında ise benzer otonomi seviyeleri 6 başlıkta incelenmiştir. (Tablo-5) [17].

Otomotiv alanındaki örneklerini duymaya başladığımız otonom araçlarla ilgili olarak otonomi seviyeleri, Otomotiv Mühendisleri Birliği (SAE) tarafından araç kullanımında insan etkisi temel alınarak derecelendirilmiştir. 2021 yılında güncel hali yayımlanan SAE sınıflandırmasına göre 6 farklı otonomi seviyesi bulunmaktadır. Buna göre; Seviye-0'da sistem insan eliyle kontrol edilirken ilerleyen seviyelerde insan etkisi giderek azalır ve Seviye-5'te araç tamamıyla otonomiye sahiptir [18].

Tablo-3: NATO Endüstriyel Danışma Grubu ve NATO STO otonomi seviyeleri (orijinal dilde) [14] [15]

Level 1	Remotely Controlled System	System reactions and behavior depend on operator input.
Level 2	Automated System	Reactions and behavior depend on fixed built-in functionality (pre-programmed).
Level 3	Autonomous non-learning system	Behavior depends upon fixed built-in functionality or upon a fixed set of rules that dictate system behavior (goal-directed reaction and behavior).
Level 4	Autonomous self-learning system	Behavior depends upon a set of rules that can be modified for continuously improving goal-directed reactions and behaviors within an overarching set of inviolate rules behaviors.

Tablo-2: NASA Otonomi Seviyeleri (orijinal dilde) [12]

Level	Observe	Orient	Decide	Act
1	Human is the only source for gathering and monitoring (defined as filtering, prioritizing and understanding) all data.	Human is responsible for analyzing all data, making predictions, and interpretation of the data.	The computer does not assist in or perform ranking tasks. Human must do it all.	Human alone can execute decision.
2	Human is the prime source for gathering and monitoring all data, with computer shadow for emergencies.	Human is the prime source of analysis and predictions, with computer shadow for contingencies. The human is responsible for interpretation of the data.	The human performs all ranking tasks, but the computer can be used as a tool for assistance.	Human is the prime source of execution, with computer shadow for contingencies.
3	The computer is responsible for gathering and displaying unfiltered, unprioritized information for the human. The human still is the prime monitor for all information.	The computer is the prime source of analysis and predictions, with human shadow for contingencies. The human is responsible for interpretation of the data.	Both human and computer perform ranking tasks, the results from the human are considered prime.	The computer executes decision after human approval. Human shadows for contingencies.
4	The computer is responsible for gathering the information for the human and for displaying all information, but it highlights the non-prioritized, relevant information for the user.	The computer analyzes the data and makes predictions, though the human is responsible for interpretation of the data.	Both human and computer perform ranking tasks, the results from the computer are considered prime.	The computer allows the human a pre-programmed restricted time to veto before execution. Human shadows for contingencies.
5	The computer is responsible for gathering the information for the human, but it only displays nonprioritized, filtered information.	The computer overlays predictions with analysis and interprets the data. The human shadows the interpretation for contingencies.	The computer performs ranking tasks. All results, including "why" decisions were made, are displayed to the human.	The computer allows the human a context-dependent restricted time to veto before execution. Human shadows for contingencies.
6	The computer gathers, filters, and prioritizes information displayed to the human.	The computer overlays predictions with analysis and interprets the data. The human is shown all results.	The computer performs ranking tasks and displays a reduced set of ranked options while displaying "why" decisions were made to the human.	The computer executes automatically, informs the human, and allows for override ability after execution. Human is shadow for contingencies.
7	The computer gathers, filters, and prioritizes data without displaying any information to the human. Though, a "program functioning" flag is displayed.	The computer analyzes, predicts, interprets, and integrates data into a result which is only displayed to the human if result fits programmed context (context dependent summaries).	The computer performs ranking tasks. The computer performs final ranking and displays a reduced set of ranked options without displaying "why" decisions were made to the human.	The computer executes automatically and only informs the human if required by context. It allows for override ability after execution. Human is shadow for contingencies.
8	The computer gathers, filters, and prioritizes data without displaying any information to the human.	The computer predicts, interprets, and integrates data into a result which is not displayed to the human.	The computer performs ranking tasks. The computer performs final ranking, but does not display results to the human.	The computer executes automatically and does not allow any human interaction.

Tablo-4: NATO, STANAG 4586'da haberleşme konusunda belirtilen otonomi seviyeleri (orijinal dilde) [16]

Level 1	Indirect receipt and/or transmission of sensor product and associated metadata, for example KLV Metadata Elements as per Attachment 2-5, from the UAV.
Level 2	Direct receipt of sensor product data and associated metadata from the UAV.
Level 3	Control and monitoring of the AUV payload unless specified as control (C) only or monitor (M) only.
Level 4	Control and monitoring of the UAV, unless specified as control (C) only or monitor (M) only, less launch and recovery.
Level 5	Control and monitoring of the UAV launch and recovery unless specified as control (C) only or monitor (M) only.

Otonom araçların trafik kazasına karışması durumunda ortaya çıkacak hukuki ve cezai sorumluluğun belirlenmesi

amacıyla gerçekleştirilen bu seviyelendirme bakış açısı, askeri otonom hava araçlarında da benzer şekilde ele alınabilir.

Hava araçları, bünyesinde barındırdığı çok sayıda sistem için çeşitli otonomi seviyelerine ihtiyaç duymaktadır. Otonom uçuşun olmazsa olmaz kabiliyetlerinden olan çevre tanıma, algılama ve engellerden kaçınma algoritmaları için ayrılan kaynaklar ile istihbarat ve keşif faaliyetini gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulan kaynakların farklı şekilde yönetilmesine ihtiyaç duyulabilir. Bu durumda kullanıcının görev esnasında ihtiyaca yönelik farklı otonomi seviyelerinde fonksiyonları bir arada kullanabilmesi gerekecektir.

**Örnek:** Uçuş Fonksiyonu ile Sensör Yönetimi ve Engellerden Kaçınma Fonksiyonu için otonomi seviyeleri "Seviye-5" olarak belirlenerek Zamana Duyarlı Hedefleme (time sensitive targetting – TST) harekâtında görev icra eden sürü İHA'ların, aynı görev için Görüntü Analizi Fonksiyonu'nu Seviye-3 ile sınırlandırılabilme kabiliyetinin bulunmasına ihtiyaç duyulması.

Tablo-5: ABD Donanması Deniz Araştırma Ofisinin otonomi seviyeleri (orijinal dilde) [17]

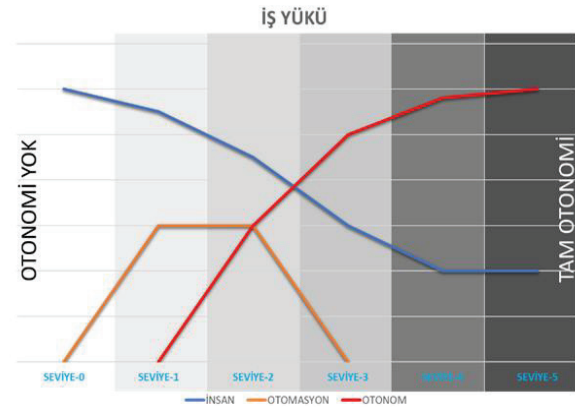
Level	Name	Description
1	Human operated	All the activity in the system is a direct result of human-initiated environment, although it may have information only responses to sensed data.
2	Human assisted	The system can perform activity in parallel with human input, acting to augment the human's ability to perform the desired activity, but has no ability to act without accompanying human input. An example is automobile automatic transmission and anti-skid brakes.
3	Human delegated	The system can perform limited control activity on a delegated basis. The level encompasses automatic flight controls, engine controls, and other low-level automation that must be activated or deactivated by a human input and act in mutual exclusion with human operation.
4	Human supervised	The system can perform a wide variety of activities given top-level permissions or direction by a human. The system provides sufficient insight into its internal operations and behaviors that it can be easily understood by its human supervisor and appropriately redirected. The system does not have the capability to self-initiate behaviors that are not within the scope of its current directed tasks.
5	Mixed initiative	Both the human and the system can initiate behaviors based on sensed data. The system can coordinate its behavior both explicitly and implicitly. The human can understand the behaviors of the system in the same way that he or she understands his or her own behaviors. A variety of means are provided to regulate the authority of the system with respect to human operators.
6	Fully autonomous	The system requires no human intervention to perform any of its designed activities across all planned ranges of environmental conditions.

Örnekle benzerlik gösterecek çok sayıda durumun oluşması olasılık dâhilindedir. Bu gibi durumlardaki iş paylaşımını başarılı bir şekilde yönetebilmek, ayrıca yapay zekânın eğitilmesi esnasında insan davranışlarını iş başında izleyebilmesini sağlamak, aynı zamanda ihtiyaç olursa yapay zekâdan da karar desteği alabilme imkânı bulabilmek için göreve yönelik ilgili bazı fonksiyonların otonomi seviyelerinin farklı şekilde ele alınmasına ihtiyaç vardır.

Platform üzerinde bulunan değişik özelliklerdeki sensörlerden toplanan verilerin, görev öncesi ilgi alanına yönelik kütüphaneye eklenen istihbarat bilgileri ile füzyon edilerek yapay zekâ tarafından analiz edilmesi sayesinde insan görüntü analizcisine destek vermesi ile başlayan süreç, yapay zekânın öğrenme kabiliyetinin artması ile otomatikleşmeye devam etmektedir. Artık otonom olarak tehditleri belirleme ve hedefleri arayarak tespit etme, hareketli hedefleri takip edebilme, hedeflerin çevresindeki dost unsurlarla olan mesafe

ve etkileşimlerinin analizi ile yan hasar tahmini, hedefin yapısız analizinin yapılması ile taarruz sonrası hasar değerlendirmelerinin yapılabilmesi gibi kabiliyetlere sahip olacak çalışmalar yürütülmektedir.

Gözetleme, analiz ve karar verme gibi çeşitli görevler için çok kullanışlı olan çoklu hedef tanıma işlemi otonom olarak gerçekleştirebilmek, akıllı sistemlerde önemli bir problemidir. Bilgisayarla görme alanında çoklu hedefleri sınıflandırma işlemi yapılabilmesi için derin eşzamanlı sinir ağları gibi makine öğrenimi algoritmaları geliştirilmiştir. Ancak, bu son teknoloji ürünü algoritmalar çok miktarda yüksek kaliteli etiketli veriye ihtiyaç duymaktadır. Bu durum; makine öğrenme sürecinin gerçek dünya görevlerinde (örneğin, yakın hava desteği görevinde; dost unsurları pusuya düşüren teröristlerin etkisiz hale getirilmesi esnasında) icra edilmesi kararı pratikte (özellikle başlangıçta) pek mümkün olmayacaktır. Gerçek dünyada kendi başına bir görevi icra ederken; eğitim esnasında öğretilen örneklerden farklı, dinamik ve karmaşık bir hareket alanında, hedefler veya İHA yüksek hızda olduğunda, hedeflere kamuflaj uygulandığında eğitilmiş sınıflandırıcı fonksiyonu tüm hedefleri tanımakta zorlanabilecektir.



Şekil-1: Otonomi seviyeleri ve iş yükü ilişkisi

İnsanlı-insansız sistemlerin iş birliği, tek başına insan veya yapay zekâ tarafından yapılması çok zor olan böyle görevleri çözmek için en uygun yoldur. Örneğin; engellerin İHA tarafından tespit edildiği, engelin veya tehdidin teşhis edilmesi görevini insan operatörün yaptığı, bununla birlikte rota değişikliği görevinin İHA'ya atandığı karmaşık ve kalabalık bir hava sahasında görev icra edilebilir. Ayrıca çok hedefli gözetleme görevi esnasında bulunan hedeflerin sınıflandırılarak pozitif tanımlanmasının yapılması (positive identification - PID) işi nesne odaklı bir görev modeli kullanılarak İHA tarafından gerçekleştirilebilir ve onay için operatöre gönderilebilir.

Ortak durum farkındalığı göz önünde bulundurularak, insanlı-insansız ekip çalışması için otomotiv sektöründe olduğu gibi altı otonomi seviyesi önerilmiştir. İlk seviyede herhangi bir otonomi kabiliyeti mevcut değilken, ilerleyen seviyelerde önce otomasyon sonra otonomiye dönüşecek şekilde makine öğrenmesinin arttığı bir seviyelendirme söz konusudur.

Şekil-1'de görülebileceği gibi otonomi seviyesinin artmasıyla insan iş gücü azalacak ancak savunma sektörünün doğası gereği tamamen ortadan kalkmayacaktır. Otonom sistemleri izleme, görevlendirme, bazı kararları onaylama gibi görev lideri olarak yönetici fonksiyonu ile sorumluluk her zaman insanda olacaktır.

## 6. Görev Fonksiyonları ve Önerilen Otonomi Seviyeleri

Liderliğini insanın yaptığı bir görev paketinde kol uçucusu olarak, yalnız veya sürü halinde otonom uçuş gerçekleştirebilecek kabiliyete sahip, çeşitli faydalı yükler taşıyabilen, silahlı İHA sisteminin otonomi seviyelerinin belirlenmesinde ihtiyaç duyulan 11 adet fonksiyon ve tavsiye edilen otonomi seviyeleri aşağıda detaylandırılmıştır.

Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle birkaç tanımdan bahsetmek faydalı olacaktır. Klasik İHA sistemlerinde uçağın havadaki faaliyetleri yerden kontrol edilmektedir. Bunun için oluşturulmuş ekip tüm operasyonu icra etmekten sorumludur ve bir görev komutanı, İHA pilotu/operatörü, faydalı yük operatörü ve muhabere (haberleşme) teknikerinden oluşur.

Otonom sürü İHA sistemleri ile savaş uçaklarının birlikte insanlı-insansız iş birliği içerisinde görev icra edileceği durumda bu ekipte bazı değişiklikler olacaktır.

**Görev Komutanı:** Tüm görevi ve o esnada harekât alanında icra edilen diğer görevleri de yerden veya havadaki bir komuta merkezinden takip ederek, yöneten üst seviye komutandır.

**Görev Lideri:** Kendisiyle aynı görev paketindeki otonom İHA'ları yöneten muharip jet uçağındaki pilottur.

**İHA Ekibi:** Otonom İHA'nın alt sistemlerine otonomi seviyeleri ile belirlenen limitlerde müdahale ederek onu İHA sisteminin yapay zekâsıyla birlikte kontrol eden ekiptir. İHA sisteminin faydalı yük konfigürasyonuna göre ihtiyaç halinde ilgili sistemin uzmanlık alanına yönelik klasik ekiplerden farklı ilave personel görevlendirilebilir.

**İHA Pilotu/Operatörü:** İHA sistemini görev planlama safhası, kalkış, uçuş ve iniş işlemlerini icra eden kişi olup, otonom İHA'larda bu işlemleri kimin yapacağı otonomi seviyelerine göre belirlenir. Yerde veya havadaki bir komuta kontrol uçağından bu görevi icra eder.

**Faydalı Yük Operatörü:** Klasik İHA sistemlerinde faydalı yük genelde sadece optik kameralardan oluşmaktaydı. Faydalı yük operatörü bu kameraların hedefi takip etmesini sağlamak ve görüntü analizlerini görev esnasında gerçekleştiren personeldir. Bu görev otonom sistemlerde ise otonomi seviyelerinde belirlendiği şekliyle yapay zekâ ile iş birliği içerisinde gerçekleştirilecektir. Faydalı yük operatörü branşı gereği tüm kaynaklardan toplanan verileri analiz edebilecek bilgi ve tecrübeye sahiptir. Yapay zekâ desteği ile veri füzyonu için gerekli tüm sensörlerin de yöneticisi olarak çalışır, radar ve elektronik harp operatörlerinin işlerine de yön verir.

**Muhabere (Haberleşme) Tekniki:** İHA ekibinin harekât alanındaki tüm unsurlarla koordinasyonu, İHA sisteminin İHA ekibi ile bilgi alışverişini yöneten, muhabere sistemlerinin optimum seviyede çalışmasını sağlayan personeldir. Otonom sistemlerde bu faaliyeti otonomi seviyeleri kapsamında yapay zekâdan destek alarak gerçekleştirir.

**Radar Kontrolörü:** İHA sisteminde bulunan radar faydalı yükü ile ilgili işleri bu fonksiyon ile ilgili otonomi seviyeleri kapsamında yerine getirir.

**Elektronik Harp Operatörü:** Elektronik tedbir ve elektronik taarruz fonksiyonlarını yönetir, sistemde ilgili görevde aldatıcı/tuzak sistem (decoy system) yükü kullanılacak ise uçuş öncesi gerekli planlamayı yapar, görev esnasındaki uygulamasını gerçekleştirir. Elektronik istihbarat ve karıştırma için gerekli olan analizleri yapar ve ilgili elektronik harp sistemlerin kullanılması faaliyetlerini yapay zekâ ile iş birliği içerisinde otonomi seviyelerine göre yürütür.

**Sessizlik Süreci:** Sessizlik süreci ifadesi otonomi seviyeleri açıklanırken, yüksek otonomi seviyelerinde özellikle hedeflere etki etme ve silah kullanma konuları için kullanılmıştır.

Havacılığın en önemli özelliklerinden bir tanesi olan planlama faaliyeti görevde uygulanacak tüm işlerin önceden, yerdeyken planlanması anlamına gelmektedir. Yapay zekânın devreye girmesinin muhtemelen bu planlama sürecinde olumlu bir etkisi olacaktır. Ancak yine de henüz yerdeyken görevin tüm detaylarına kadar planlanması büyük önem arz edecektir.

Görev öncesi temin edilen istihbarat ölçüsünde görev esnasında karşılaşılabilecek tüm şartlar önceden hesaplanır ve olasılıklar dahilinde tüm taktikler planlanarak görevdeki hareket tarzları önceden kararlaştırılmaktadır. Bu safhanın doğru ve özenle yerine getirilmesi yapay zekâ tarafından verilen kararların görev lideri tarafından değiştirilme ihtiyacını azaltacaktır. Sessizlik süreci olarak adlandırdığımız bu kavramın işleri kolaylaştıracağı ve görevin karmaşıklığı içinde yapay zekâ davranışlarının her seferinde kompleks talimatlar ile güncelleme işlemini basite indirmek amaçlanmaktadır.

Sessizlik süreci; yapay zekâ en üst seviyede otonomi ile yetkilendirilse bile silah kullanım (elektronik karıştırma da bir tür silah kullanma usulüdür) durumlarında görev lideri tarafından takip edilecek ve davranışları kolayca onaylanabilecek veya ret edilebilecektir.

Aksi belirtilmedikçe sessizlik süreci haberleşme sorunlarının olduğu durumlarda geçerli değildir. Bu durum haberleşme sorunları giderilip görev liderinden güncel talimatları alınana kadar görevin iptali anlamına gelecektir.

### 6.1. Karar Verme/Kaynak Yönetimi

Doğası gereği sistemlerin sistemi olan, sürü olma durumunda takımların takımı olarak nitelendirilebilecek İHA'ları sevk idare etme konusunda eğitilmiş bir yapay zekâ ajanının, görevi esnasında karşılaştığı (sürünün tamamını veya her bir elemanı yahut bir tanesine ait alt sistemlerinden birini veya birkaçını ilgilendiren) bir olay karşısında karar verirken, etkilenecek diğer sistemler/unsurları, çevresel koşulları, zaman faktörünü, seçenekler, kısıtlar ve kararın sonuçlarını, topladığı verilerle birlikte hızlıca değerlendirecektir. İlk otonomi seviyelerinde sadece bilimsel karar desteği olacak şekilde, ancak artan otonomi seviyelerinde makine öğrenmesi ile birlikte yapay zekâyâ özgü deneysel veya sezgisel karar verme usullerini kullanması ve bir sonucu varması faaliyetidir. Kendisinin veya sürünün beka analizlerini, dolayısı ile hasardan kaçınma ve hasara dayanma değerlendirmelerini, öldürücülük ve etki analizlerini otonomi seviyelerinin elverdiği limitler dâhilinde gerçekleştirerek sonuçları karar verebilmesi için İHA ekibine ve görev liderine sunar veya kendi kararlarında kullanır.

Aynı zamanda görevin her safhasında optimum kaynak kullanımını hesaplamaları da bu fonksiyonun altında ele alınmıştır. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-6'da açıklanmaktadır.

Tablo-6: Karar Verme/Kaynak Yönetimi Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Karar Verme/Kaynak Yönetimi Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ tüm seviyelerde yürürlükte olan angajman kurallarını algılayacak seviyededir, tüm fonksiyonlara yönelik kararlarını bu doğrultuda verir.</li> <li>Karar sorumluluğu görev komutanı ve İHA ekibindedir. Tüm süreç manuel olarak yönetilir.</li> </ul>

Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ önceden kendi sorumluluğuna bırakılan bazı temel riskleri algılar ve bildirir.</li> <li>Bu risklere yönelik çözüm önerir.</li> <li>İHA ekibi görev için ihtiyaç olacak tüm karar sürecini kendisi yönetir.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ görevin her bir safhası için ayrı ayrı riskleri tanımlar, önceliklendirir, çözüm önerileri ile birlikte İHA ekibine bildirir.</li> <li>Tüm karar verme işlemlerini İHA ekibi yapar.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ görevin bütün safhalarını kapsayacak şekilde birbirlerine olan etkilerini de hesaplayarak riskleri tanımlar, önceliklendirir, çözüm önerileri ile birlikte İHA ekibine bildirir.</li> <li>İHA ekibi istediği konularda karar yetkisini yapay zekâya bırakabilir, kendisi önerilen çözümler arasından birini seçebilir veya çözüm önerilerini değiştirerek istediği kararı alır.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ görevin bütün safhalarını kapsayacak şekilde birbirlerine olan etkilerini de hesaplayarak riskleri tanımlar, önceliklendirir, çözüm önerileri ile birlikte İHA ekibine bildirir.</li> <li>İHA ekibi belli bir süre yanıt vermezse yapay zekâ en güvenli çözümü seçerek faaliyeti yürütür.</li> <li>İHA ekibi gerekirse görevin her safhasında devreye girerek kararları değiştirebilir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görevin bütün safhalarında ortaya çıkması muhtemel tüm (öngörülemeyen durumlar da dâhil olmak üzere) durumlarda yapay zekâ tarafından karar verme fonksiyonu yerine getirilir.</li> <li>Yetkili İHA ekibi veya görev lideri hala izleme pozisyonundadır, görevin her safhasında devreye girebilir ancak uçuş güvenliği için bu gerekli değildir.</li> <li>Tam yetkili karar verme fonksiyonu, diğer alt sistemler ile ilgili yetki seviyelerinin limitlerini ortadan kaldırmaz. Örnek: Karar verme otonomi seviyesi 5; fakat silahların yönetimi fonksiyonu için belirlenen otonomi seviyesi 5'den düşükse silah kullanım yetkisi bu alandaki ilgili otonomi seviyesine göre belirlenir.</li> </ul>

## 6.2. Uçuş

Görev planlama, kalkış, uçuş, iniş ve görev esnasında veya sonunda raporlama faaliyetlerini kapsar. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-7'de açıklanmaktadır.

Tablo-7: Uçuş Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Uçuş Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA pilotu tüm uçuş sürecini kendisi uygular.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA pilotu tüm uçuş sürecini kendisi uygular.</li> <li>Sistemin sensörlerinin aldığı uyarılar İHA pilotuna aktarılır.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA pilotu tüm uçuş sürecini fiili olarak yönetir.</li> <li>Yapay zekâ talimatlara uygun olarak uçuşun bazı safhalarını kendisi gerçekleştirerek, İHA pilotuna yardımcı olur.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA pilotu teker kesene kadar süreci manuel yönetir. Bu seviyeye gelene kadar sistemlerin sağlık durumu kontrol edilerek sırasıyla ilgili sistemler yapay zekâya devredilir ve otonom kalkış için gerekli hazırlıklar tamamlanmış olur.</li> <li>Uçuş esnasında tek bir sistem veya sürünün birlikte uçuş fonksiyonu yapay zekâ tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Önceden belirlenmiş görevin bazı safhaları İHA pilotu tarafından manuel olarak icra edilebilir.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA pilotu pist başına kadar süreci manuel yönetir. Bu seviyeye gelene kadar sistemlerin sağlık durumu kontrol edilerek sırasıyla ilgili sistemler yapay zekâya devredilir ve otonom kalkış için gerekli hazırlıklar tamamlanmış olur.</li> <li>Uçuş esnasında tek bir sistem veya sürünün birlikte uçuş fonksiyonu yapay zekâ tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ tüm uçuş sürecini otonom olarak icra eder. Görev liderinden aldığı talimatlar doğrultusunda görevi gerektirdiği tüm işleri kendisi yapabilir.</li> <li>Görev lideri veya İHA pilotu uçuş emniyeti öncelikli olmak kaydıyla, koordine içerisinde gerektiğinde kontrolü kısmen veya tam olarak ele alabilir.</li> </ul>

## 6.3. Sensör Yönetimi ve Engellerden Kaçınma

Çevre tanıma, seyrüsefer, çevresel tehditleri algılama ve engellerden kaçınma amacıyla uygun sensörlerin kullanılması, sürü halinde ise; merkezi veya dağıtık olarak sensör paylaşımı ve veri füzyonu kullanılarak gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-8'de açıklanmaktadır.

Tablo-8: Sensör Yönetimi ve Engelden Kaçınma Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Sensör Yönetimi ve Engelden Kaçınma Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tüm sensörler İHA ekibi tarafından manuel olarak yönetilir ve alınan bilgiler İHA ekibi tarafından analiz edilerek uçuş için uygun davranışı gerçekleştirir.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensörlerin yönetimi İHA ekibinin talimatları doğrultusunda yapay zekâ tarafından gerçekleştirilir.</li> <li>Alınan bilgilerin analiz sonuçları yapay zekâ tarafından İHA ekibine bildirilerek uçuş fonksiyonu ile paralel engellerden kaçınma işlemleri İHA pilotu tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensörlerin yönetimi ve alınan bilgilerin analizleri yapay zekâ tarafından gerçekleştirilir ve uçuş emniyeti öncelikli olacak şekilde engelden kaçınma tavsiyeleri İHA ekibine bildirilir.</li> <li>İHA pilotu ve faydalı yük operatörü koordineli olarak tüm süreci yönetir.</li> <li>Yapay zekâ işleri talimatlara göre uygular.</li> <li>Sürünün diğer elemanlarındaki sensör verileri de analize dâhil edilir.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ işleri talimatlara göre uygulamaya devam eder. Sensör yönetimi ve engellerden kaçınma kararlarını İHA ekibine bildirerek bir süre talimat bekler. Sessizlik süreci bittiğinde bildirdiği aksiyonu uygulamaya geçer.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ uçuş fonksiyonunun kontrolü kendisinde olmasa dahi uçuş emniyeti öncelikli olacak şekilde gerekli manevraları otonom olarak uçağa yaptırır.</li> <li>Sürü uçuşuna uygun sensör yönetimi ve toplanan bilgilerin analizi yapay zekâ tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA pilotu ve faydalı yük operatörü talimat vererek süreci yönetir.</li> <li>Sürü sensör kaynak yönetim kararları yapay zekâ tarafından İHA ekibine ekstra iş yükü getirilmeden yerine getirilir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo ve sürü uçuşu için gerekli tüm algılama ve kaçınma işleri otonom olarak gerçekleştirilir.</li> </ul>

#### 6.4. Radar Faydalı Yükü

Üzerinde radar faydalı yükü bulunduran otonom İHA'nın radarının kullanımı ve radar sayesinde temin edilen bilgiler ile gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Özellikle gelişmiş muharip uçak radar sistemleri pilota kolaylık sağlamak amacıyla bünyesinde hâlihazırda otomasyon özelliklerini barındırmaktadır. Bu fonksiyon otomasyon ile yerine getirilen işlerin haricindeki belli bazı kritik görevlere değinilerek seviyelendirilmiştir. Radar fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-9'da açıklanmaktadır.

Tablo-9: Radar Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Radar Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tüm radar fonksiyonları İHA ekibi tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görevin özelliğine göre radar sisteminin başlangıç ayarları otonom olarak yapay zekâ tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eğer uçuş fonksiyonuna ait otonomi seviyesi özellikle düşük tutulmuş ise yapay zekâ İHA ekibine durumsal farkındalık konusunda karar desteği sağlar.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angajman için sürünün hangi elemanın kullanılacağı kararı kontrolöredir. Ancak yapay zekâ radarın iz kalitesine ve görev paketindeki diğer elemanların konum ve sistem sağlık durumlarını göz önüne alarak İHA ekibine tavsiye verir.</li> <li>Radar karartma ve sektör yoğunlaştırma kararı kontrolör sorumluluğundadır. Ancak frekans/mod seçimi otonom olarak gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radar kaplaması ve iz kalitesine göre tam kapsamlı durumsal farkındalık ve tehdit analizleri otonom olarak yapılır.</li> <li>Hava resminin kalitesi/devamlılığı için yoğunluğu fazla olan sektörlerin frekans/mod seçimini otonom olarak yaparken, karartılacak sektörlerin kararını kontrolöre bırakır.</li> <li>Tehdit durumunda radar kaplamasını koruyacak şekilde uygun formasyon veya rota değişikliği kararı otonom olarak verilir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ durumsal farkındalık ve tehdit analizleri yaparak ihtiyaç halinde kontrolündeki diğer sürü elemanlarını angajmana sevk eder, angajman maksadıyla dost SAM sistemlerine iz aktarır.</li> <li>Radarın belli bir sektör için karartılmasına/ odaklanmasına karar verir.</li> <li>Harekât alanının yoğunluğu ve meteorolojik şartlara bağlı olarak radar modu ve frekans seçimi otonom olarak yapılır.</li> <li>Arama/kurtarma görevlerinde radar kayıtlarına göre düşen dost unsurun tahmini yerinin işaretlenip raporlanması faaliyetlerini otonom olarak gerçekleştirir.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Havada yakıt ikmal görevlerinde yakıt alacak/verecek unsurların yakın kontrolünü otonom olarak gerçekleştirir.</li> <li>Tehdit seviyesi yüksek ortamlarda bazı belli ön tanımlı durumlar için kendisi veya sürü elemanlarına yönelik daha güvenli olan bir bölgeye geri çekilme (retrograde) tavsiyesinde bulunur, süreli olarak görev liderinin onayını bekler. Sessizlik süreci sonrası bildirdiği bu taktiği otonom olarak uygular.</li> </ul>
--	--

#### 6.5. Elektronik Harp Yükü

Elektronik istihbarat ve elektronik taarruz/karıştırma kabiliyeti ile siber güvenlik, elektronik karşı tedbirlere ait yeteneklerini tanımlar. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-10'da açıklanmaktadır.

Tablo-10: Elektronik Harp Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Elektronik Harp Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektronik harp faydalı yükü tüm fonksiyonları İHA ekibindeki elektronik harp operatörü tarafından yönetilir.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemin pasif antenlerinden alınan elektronik istihbarat bilgileri yapay zekâ tarafından görev kütüphanesindeki tehdit verisi ile eşleştirilerek bulunan sonuçlar EH operatörüne bildirilir.</li> <li>Alınan yayının süre, yön ve mesafesi otonom hesaplanarak konumu operatöre bildirilir.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yeri tespit edilen tehditler arasında yapay zekâ tarafından görev koluna olan uzaklıkları, hedef bölgesindeki etkisi ve oluşturduğu risk açısından bir önceliklendirme yapılarak operatöre sunulur.</li> <li>Yapay zekâ uygun elektronik taarruz taktiklerini önerir.</li> <li>Yapay zekâ kendisine yönelik bir elektronik taarruz tespit ederse elektronik karşı tedbir tavsiyelerini operatöre sunar.</li> <li>Diğer fonksiyonlar operatör tarafından yönetilir.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ kendisine ve sürüye yönelik elektronik taarruz tespit ettiğinde pasif tedbirleri otonom olarak yerine getirir.</li> <li>Elektronik karıştırma yapma kararı yapay zekânın tavsiyesi ile operatör ve görev lideri kararı ile gerçekleştirilir.</li> <li>Tehdit tespit edildiğinde radar ve infrared güdümlü füze aldatıcıları (chaff ve flare) veya aldatıcı/tuzak sistemlerin (decoys) kullanma kararı otonom olarak yerine getirilir.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ kendisine ve sürüye yönelik tehdit tespit ettiğinde otonom olarak elektronik taarruz ile karşılık verir.</li> <li>Radar ve infrared güdümlü füze aldatıcıları veya aldatıcı/tuzak sistemler gibi pasif sistemleri otonom olarak kullanabilir.</li> <li>Sürünün bekası için uygun elemanlarını feda edecek şekilde tehdidi bertaraf etme kararını görev liderinden süreli bekleyerek, sessizlik süreci sonunda otonom olarak yerine getirir.</li> <li>Kendisine veya sürüye yönelik bir tehdit olmadan planlı veya fırsat hedeflerine yönelik elektronik taarruz kararı görev liderinin yetkisindedir. Yapay zekâ taarruz taktikleri ve muhtemel sonuçlarına yönelik tavsiyede bulunur.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ hedefe yönelik en uygun elektronik taarruz taktiği ve hesapladığı muhtemel sonucu operatöre sunar.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görev liderinin talimatını süreli olarak bekler. Sessizlik süreci bittiğinde bildirdiği taarruz taktiğini uygular.</li> </ul>
--	--

## 6.6. Yayın Kontrolü (EMCON)

Düşmana yerini belli etmemek, düşük görünürlük sağlamak için yapısal radar kesit alanının yanı sıra sensör ve antenler ile elektromanyetik veya optik olarak yayın yapan sistemlerin bu yayınlarının kontrolü için gerekli uygulamaları kapsar. Bir çeşit elektromanyetik kamuflaj olarak düşünülebilir. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-11'de açıklanmaktadır.

Tablo-11: Yayın Kontrolü Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Yayın Kontrolü Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görev lideri ve İHA ekibi tarafından planlanarak uygulanır.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görev planlama safhasında otonom olarak planlanarak, görev uygulama emirlerine girmeden önce yetkili personel tarafından onaylanır. Görev esnasında görev lideri ve İHA ekibi tarafından görevin safhalarına yönelik olarak uygulanır.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Önceden belirlenmiş yayım kontrol emirleri (EMCON-Emissions Control) gereği en uygun taktikler İHA ekibine sunulur, ilgili operatörler görevin safhalarına göre kendileri ile ilgili kararı onaylar.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ yayım kontrol tedbirleri gereği hangi antenin hangi yönde ve hangi güçte yayın yapacağına otonom olarak karar verir.</li> <li>Görevi en az etkileyecek şekilde tedbir alır ve hangi sistemin yayımın ne kadar süre ile kesileceğini otonom olarak uygular varsa alternatif çözümleri devreye sokar.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ en az radar kesit alanı gösterecek şekilde konumlanma tavsiyesinde bulunur.</li> <li>Sürünün tüm elemanlarının düşük görünürlüğünü sağlayacak en uygun uçuş formasyonunu hesaplayarak, ara yüz vasıtasıyla ve muhtemel sonucuyla birlikte süreli olarak İHA pilotunun onayına sunar, sessizlik süreci bitince otonom olarak bu kararını uygular.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düşük görünürlüğü sağlamak için görevin gereksinimleri de hesaplanarak optimum taktik ve uygulamalar otonom olarak gerçekleştirilir.</li> </ul>

## 6.7. Haberleşme

Görev planlamanın haberleşme ile ilgili olan bölümü de dâhil olmak üzere uçuş öncesi, bireysel veya sürü haberleşmesi planının hazırlanması. Görevin icrası esnasında alınan/verilen ilgili komutların, sensörlerden toplanan bilgiler ile seyrüsefer ve sürü hareketleri için ihtiyaç duyulan anlık verinin iletilmesi, telemetri ve sistem sağlık bilgilerinin aktarılması, GNSS/INS gibi seyrüsefer bilgilerinin ve silah sistemlerinin ihtiyaç duyduğu verinin aktarılması, telsizlerin röle yolu ile birbirlerine aktarılması ve tüm bu faaliyetlerin merkezi veya dağıtık olarak sürü genelinde veya dışarıya yönelik olarak gerçekleştiren tüm haberleşme kanallarını ve bunların yönetilmesini kapsar. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-12'de açıklanmaktadır.

## 6.8. Sürü Hareketleri Yönetimi

Farklı bölgelerden uçuşu müteakip veya kalkış sonrası havada sürü oluşturmak üzere bir araya gelen sistemlerin sürü öncesi planlamaları, sürü ile birlikte hareketleri ve sürünün ayrışması veya bireysel olarak sürüden ayrılma gibi durumların planlamaları ve yönetilmesi, sürü içerisindeki konum, birbirlerine olan mesafe takibi, hiyerarşi, formasyon kararları gibi konuları kapsar. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-13'te açıklanmaktadır.

Tablo-12: Haberleşme Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Haberleşme Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA ekibi tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA ekibi tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA ekibi veya görev lideri yönetiminde muhabere teknikleri sorumluluğunda gerçekleştirilir.</li> <li>Sürü haberleşmesi için merkezci sürü yönetim modeli uygulanır.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otonom olarak merkezci sürü yönetim modeline göre yönetilir.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otonom olarak dağıtık sürü yönetim modeline göre yönetilir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otonom olarak yürütülür.</li> </ul>

Tablo-13: Sürü Hareketleri Yönetimi Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Sürü Hareketleri Yönetimi Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bu seviyede sürü uçuşu gerçekleştirilmez.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bu seviyede sürü uçuşu gerçekleştirilmez.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sürü içerisinde veri paylaşımı ve kaynak kullanımı sürü içerisinde ele alınarak İHA ekibinin talimatları ile uygulamaya geçilir.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sessizlik süreci beklenerek İHA ekibinden alınan talimatlarla, sürünün merkez elemanına uyumlu bir şekilde otonom uçuş gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sessizlik süreci kullanılarak İHA ekibinden alınan talimatlarla, dağıtık sürü yönetim modeli kullanılarak otonom uçuş gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görevin tüm safhalarında yapay zekânın uygun gördüğü sürü yönetim modeli kullanılarak dağıtık veya merkezci olacak şekilde otonom uçuş gerçekleştirilir.</li> </ul>

## 6.9. Dost Düşman Tanıma

Dost düşman tanıma ve tespit edilen izlere teşhis verme faaliyetlerini kapsar. Bu sistem uçaklarda hâlihazırda mevcut olup aslında otomasyon özelliklerine sahiptir. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-14'te açıklanmaktadır.

Tablo-14: Dost Düşman Tanıma Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Dost Düşman Tanıma Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA ekibi tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA ekibi tarafından gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dost düşman ayırımı yapılarak görev liderine ve İHA ekibine bilgilendirme yapılır.</li> </ul>

Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dost düşman ayırımı yapılarak, görev lideri ve diğer tüm paket elemanlarına ayrıca bağlı bulunan kontrol unsuruna otonom olarak bilgilendirme yapılır.</li> <li>Diğer fonksiyonların ihtiyacı olabilecek bu bilgileri veri füzyonu sayesinde diğer fonksiyonların analizlerinde kullanır.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otonom olarak gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otonom olarak gerçekleştirilir.</li> </ul>

### 6.10. Görüntü Analizi

Görüntü alınan bölgenin konumunun bulunması ve kameranın doğru hedefe bakmasının sağlanması, tehditlerin belirlenmesi, hedeflerin bulunması/tespiti, hareketli hedeflerin takip edilmesi, hedef analizini gerçekleştirme, yan hasar tahmini, etki analizleri ve taarruz sonrası hasar değerlendirme ile sahip olunan tüm istihbarat kaynakları kullanılarak gerçekleştirilecek istihbarat analiz faaliyetlerini kapsar. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-15'de açıklanmaktadır.

Tablo-15: Görüntü Analizi Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Görüntü Analizi Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kamera sistemleri faydalı yük operatörü tarafından yönetilir, görüntü analizi ilgili ekip tarafından görev esnasında veya sonrasında gerçekleştirilir.</li> </ul>
Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>İlk görüntü analizleri faydalı yük operatörü ve hareket merkezindeki ilgili personel tarafından uçuş esnasında gerçekleştirilir, seçilen hedef veya bölgeye kamera sistemlerinin yönlendirilmesi (hedef takibi) otonom olarak yapılır.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görüntülerdeki insan yapısı unsurların tespiti otonom olarak yapılır.</li> <li>Görüntü analizlerinin diğer faaliyetleri görev lideri, faydalı yük operatörü veya hareket merkezindeki ilgili personel tarafından yapılır.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görüntülenen alandaki hedeflerin tespit edilmesi otonom olarak yapılır.</li> <li>Görüntü analizlerinin diğer faaliyetleri görev lideri, faydalı yük operatörü veya hareket merkezindeki ilgili personel tarafından yapılır.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rota boyunca ve hedef bölgesindeki tehdit analizleri otonom olarak yapılır.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hedef analizleri, hedefin teşhisi (positive identification - PID), yan hasar tahmini (collateral damage assessment - CDE), muharebe hasar değerlendirmesi (battle damage assessment - BDA) otonom olarak gerçekleştirilir.</li> </ul>

### 6.11. Silah Yönetimi

Yürürlükteki angajman kuralları gereğince; sahip olunan silah sistemlerinin belirlenen yetkiler dahilinde kullanıma hazır hale getirilmesi, kullanılması ve atıldıktan sonra hedefe gitmeleri için yerine getirilen faaliyetleri kapsar. Bu fonksiyon için önerilen otonomi seviyeleri Tablo-16'da açıklanmaktadır.

Tablo-16: Silahların Yönetimi Fonksiyonu için önerilen otonomi seviyeleri

Silahların Yönetimi Fonksiyonu	
Otonomi Seviyeleri	Açıklama
Seviye-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA ekibi tarafından yürütülür.</li> </ul>

Seviye-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>İHA ekibi tarafından yürütülür.</li> </ul>
Seviye-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ hedeflere uygun mühimmatları önerir, görev liderinin onayıyla atış yapar.</li> </ul>
Seviye-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ hedeflere uygun mühimmata karar verir, görev liderinin onayıyla atış yapar.</li> </ul>
Seviye-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ hedeflere uygun mühimmata karar verir.</li> <li>Dost unsurların, sürünün ve kendisinin bekası için silah kullanılması gerektiği durumda görev liderinin talimatını süreli olarak bekler. Sessizlik süreci bittiğinde bildirdiği kararını uygular. Haberleşme sorunları yaşandığında silah kullanma görevi iptal edilir.</li> <li>Diğer taarruz durumlarında yani planlı hedefler ve fırsat hedefleri için görev liderinin talimatını yerine getirir.</li> </ul>
Seviye-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay zekâ tam otonom seviyesindedir ancak tüm silah kullanma durumlarında yerde görev planlamasında belirtilen süre dâhilinde görev liderinin talimatını süreli olarak bekler. Sessizlik süreci bittiğinde bildirdiği kararını uygular. Haberleşme sorunları yaşandığında silah kullanma görevi iptal edilir. Silah kullanma kararları her ne sebeple olursa olsun angajman kurallarının dışına çıkamaz.</li> </ul>

## 7. Sonuç ve Öneriler

İnsanlı-insansız iş birliği konseptine uygun uçar platformlar ülkemizde de ortaya çıkmaya başlamıştır [19]. Bu çalışmada, insanlı-insansız iş birliği konsepti kapsamında muharip hava platformları arasında ihtiyaç duyulan otonomi seviyeleri, bir operatif görevde yapılması öngörülen 11 adet fonksiyon özelinde incelenerek, bu konudaki araştırmacıların kullanması amacıyla özgün olarak ortaya konmuştur. Bu kapsamda;

- İnsan ile yapay zekâ iş birliği söz konusu olduğunda, yapılacak iş paylaşımının otonomi seviyeleri ile standart hale getirilmesi gerektiği,
- Görev esnasında istihbarat ve keşif sensörleri ile bir yandan hedefleme faaliyetlerine destek sağlanırken bir yandan da emniyetli uçuş için çevre algılama, engellerden kaçınma ve tehditleri algılayarak rotalama işlemleri için bilgi toplanması maksadıyla gerçekleştirilecek otonomi seviyelerinin farklı sınıflandırmaya tabi tutulmasının gerektiği,
- Otonomi seviyelerinin; sistemin sensör veya alt sistemlere göre değil, kabiliyetlerine ve fonksiyonlarına göre sınıflandırılmasının daha doğru olacağı,
- Silah kullanma otonomi seviyelerinin en yükseğinde bile insan faktörünü devreden çıkartmadan onay süreci konusunda hukuksal temelleri olan bir standardın ortaya konması, angajman kuralları kapsamına alınması ve görevlerden önce yapay zekâ silah kullanma yetkilerinin açıkça belirlenerek görev veri dosyalarına yüklenmesi gerektiği değerlendirilmiştir.

Ülkemizde insanlı-insansız iş birliği konsepti konusunda yapılacak araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde, araştırmacıların bu çalışma kapsamında özgün olarak önerilen otonomi seviyelerini dikkate almasının ve kullanmasının, yapılan çalışmalarda standartlık sağlanması açısından önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Sonraki çalışmada, önerilen otonomi seviyelerinin her birinin, hangi fonksiyon için hangi seviyeye kadar kullanılabileceği analiz edilecektir.

## 8. Kaynaklar

- [1] A.Ollero, "Introduction: Advances in Industrial Control", içinde *Aerial Manipulation*, ed. Matgo Orsag vd., Springer Cham, New York City, 2018, s. 1-18.
- [2] Boeing, "U.S. Navy, Boeing Conduct First MQ-25 Refueling Mission with F-35C", [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.boeing.com/defense/mq25/>. [Erişim: Ekim, 27, 2023].
- [3] Wikipedia, "Loyal wingman", [Çevrimiçi]. Mevcut: [https://en.wikipedia.org/wiki/Loyal\\_wingman](https://en.wikipedia.org/wiki/Loyal_wingman). [Erişim: Ekim, 27, 2023].
- [4] İ.Kalınbacak, "Sürü Otonom İHA Sistemlerinin Muharebe Sahasında Uygulama Taktikleri ve Geliştirilen Yeni Teknolojiler", *Savunma Bilimleri Dergisi*, c. 1, sy. 43, s. 191-209, 2023.
- [5] X.Wu, C.Wang, Y.Niu, X.Hu ve C.Fan, "Adaptive Human-in-the-loop Multi-target Recognition Improved by Learning", *International Journal of Advanced Robotic Systems*, sy. 15, s. 1-13, 2018.
- [6] D.Ruan, W.Zhang ve D.Qian, "Feature-based autonomous target recognition and grasping of industrial robots", *Personal and Ubiquitous Computing*, sy. 27, s. 1355-1367, 2023.
- [7] M.Zhang, D.Zhao, C.Sheng, Z.Liu ve W.Cai, "Long-Strip Target Detection and Tracking with Autonomous Surface Vehicle", *J. Mar. Sci. Eng. Switzerland*, sy.11, no.106, 2023.
- [8] H.Duan ve P.Li, *Bio-inspired Computation in Unmanned Aerial Vehicles*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2019.
- [9] Exyn Technologies, "Defining Levels of Aerial Autonomy Version 1.0", [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.exyn.com/levels-of-autonomy-white-paper>. [Erişim: Ekim, 27, 2023].
- [10] T.B.Sheridan, *Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control*, The MIT Press, 1992.
- [11] B.T. Clough, "Metrics, Schmetrics! How The Heck Do You Determine A UAV's Autonomy Anyway?", *Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop*, Gaithersburg, MD, 2002.
- [12] R.W.Proud, J.J.Hart ve R.B. Mrozinski, "Methods for Determining the Level of Autonomy to Design into a Human Spaceflight Vehicle: A Function Specific Approach", *Performance Metrics for Intelligent Systems*, 2003.
- [13] H.M. Huang, "Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS) Framework Volume I: Terminology", NIST Special Publication 1011, Gaithersburg, Maryland, 2004.
- [14] NATO, "Pre-Feasibility Study on UAV Autonomous Operations", NATO Industrial Advisory Group – Study Group 75, 2004.
- [15] NATO STO, "Unmanned Systems (UMS) Platform Technologies and Performances for Autonomous Operations", NATO STO Technical Report TR-AVT-175, 2016.
- [16] Standard Interfaces of UAV Control Systems (UCS) for NATO UAV interoperability, NATO Standardization Agreement (STANAG) 4586, 2012.
- [17] A.P.Williams ve P.D.Scharre, *Autonomous Systems: Issues for Defence Policymakers*, NATO Communication and Information Agency, The Hague, Netherlands, 2015.
- [18] SAE International, "SAE Levels of Driving Automation Refined for Clarity and International Audience", [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>. [Erişim: Ekim, 27, 2023].
- [19] TurDef, "TUSAŞ Prepares Turkish Loyal Wingman: OKU", [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.turdef.com/article/tusas-prepares-turkish-loyal-wingman-oku-concept>. [Erişim: Ekim, 27, 2023].

**Not:** Bu çalışmadaki bilgiler konuyla ilgili olarak yazarların yorumunu içermekte olup, herhangi bir kuruma ait görüşleri temsil etmemektedir.

## Özgeçmişler



Güray Kasapoğlu, 1973 yılında Balıkesir’de doğdu. Lisans eğitimi ni Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesinde yaptı. 1992-2021 yılları arasında Hv.K.K.İğında astsubay olarak görev yaptı. An itibariyle Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.’de uzman olarak çalışmaktadır. İstihbarat, görüntüleme ve keşif sistemleri, sinyal istihbaratı, harekât verisi, insanlı-insansız iş birliği ve harekât analizi konularında çalışmalar gerçekleştirmiştir.

## Özgeçmişler



Özer Demir, 1973 yılında Ankara'da doğdu. Askeri öğrenimi sonrası 1991-2017 yıllarında Hv.K.K.lığında Hava Harekât Astsubayı olarak görev yaptı. Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. bünyesinde Milli Muharip Uçak Projesi için endüstride ilk defa kurulan Harekât Analizi Müdürlüğü bünyesindeki Harekât Analizi Veri Yönetimi bölümünü kurmuştur. Özel görev uçakları, askeri görev senaryoları, hava harekât alanı oyuncularını için harekât verisi ve kullanım konseptlerine yönelik uzmanlığı bulunmaktadır. NATO STO üyesi olup, halen bu alanda çalışmalar gerçekleştirmektedir.



Halil Sert, 1975 yılında Avusturya Mittelberg'de doğdu. Lisans eğitimini Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesinde yaptı. 1993-2023 yılları arasında Hv.K.K.lığında astsubay olarak görev yaptı. Halen Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.'de uzman olarak çalışmaktadır. Harekât planları, harekât verisi, harekât analizi ve NATO Standartları konularında çalışmalar gerçekleştirmiştir.



Tolga Türkmen, 1987 yılında Diyarbakır'da doğdu. Lisans eğitimini Başkent Üniversitesi İstatistik ve Bilgisayar Bilimlerinde yaptı. 2010 yılından itibaren Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.'de uzman olarak çalışmaktadır. Üretim planlama, proje yönetimi, harekât verisi, harekât analizi konularında çalışmalar gerçekleştirmiştir.



Haluk Gözde, 1975 yılında Mersin'de doğdu. Lisans eğitimini 1997 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünde, yüksek lisans ve doktora çalışmalarını ise 2003 ve 2010 yıllarında Gazi Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünde tamamladı. 2016 yılında ÜAK'tan Doçent unvanını aldı. 2019 yılında Cardiff Üniversitesinde doktora sonrası çalışmalarda bulundu. 1998-2021 yılları arasında K.K.K.lığında mühendis subay olarak görev yaptı. Halen Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.'de MMU projesinde kıdemli tasarım mühendisi olarak çalışmaktadır.



Serkan Kurt, 1976 yılında Kırşehir'de doğdu. Lisans eğitimini İstanbul Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliğinde, yüksek lisansını Gebze Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde, doktora çalışmasını ise Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kontrol ve Otomasyon Bölümünde tamamladı. Yıldız Teknik Üniversitesinde öğretim üyesidir, aynı zamanda 2021 yılından itibaren Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.'de danışman olarak görev yapmaktadır.