

Sivil Alanda Kullanılan İnsansız Hava Araçlarının Otopilot Sistemleri

Araştırma Makalesi

Mustafa Zafer Cihangir

Erciyes Üniversitesi,
Havacılık Elektrik ve Elektronik,
Yüksek Lisans,
ORCID: 0009-0005-4484-8382

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16625102>

ÖZET

Bu makale, sivil alanda kullanılan insansız hava araçlarının (İHA) otopilot sistemlerine odaklanmaktadır. İHA'lar, uçuşların otonom olarak yönetilmesini sağlayan gelişmiş otopilot sistemleri ile donatılmakta, bu sayede insan müdahalesi olmadan daha güvenli ve verimli uçuşlar gerçekleştirmektedir. Makalede, otopilot sistemlerinin temel işlevleri, çalışma prensipleri, güvenlik ve güvenilirlik mekanizmaları, yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamaları gibi konular detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Ayrıca, sivil İHA'ların otopilot sistemlerinin hukuki yönleri ve kullanım alanları tartışılmıştır. İHA'ların otopilot sistemlerinin gelecekteki gelişimi, güvenlik önlemlerinin güçlendirilmesi ve hukuki düzenlemelerin yapılması gerekliliği vurgulanmıştır. Gelecekteki çalışmalar, bu sistemlerin daha da optimize edilmesi ve yeni uygulama alanlarının keşfi üzerine yoğunlaşmalıdır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Otopilot Sistemleri, Sensör, Yapay Zeka, Makine Öğrenimi.

GİRİŞ

İnsansız hava aracı (İHA), son yıllarda hava taşımacılığı, haritalama, gözetim, tarım, lojistik ve birçok sivil alanda önemli bir rol oynamaktadır. Bu araçlar, gelişmiş teknolojiler sayesinde daha önce insana dayalı olarak gerçekleştirilen birçok görevi otonom bir şekilde yerine getirebilmekte, bu da uçuş verimliliğini artırmakta ve insan hatalarını minimize etmektedir. İHA'ların başarıyla uçabilmesi için kullanılan otopilot sistemleri, bu araçların otonom yönetiminde kritik bir bileşen olarak karşımıza çıkmaktadır.

Otopilot sistemleri, İHA'ların uçuş kontrolünü tamamen veya kısmen üstlenen yazılımlar ve donanımlar bütünüdür. Bu sistemler, uçuş rotasını izlemek, irtifa, yön ve hız gibi parametreleri kontrol etmek, hava şartlarına ve görev gereksinimlerine göre manevra yapabilmek gibi birçok işlevi yerine getirebilir. Otopilotların başarısı, İHA'ların güvenli ve verimli bir şekilde operasyon yapabilmesinin yanı sıra, uçuş sürelerini kısaltmak, yakıt ve batarya tüketimini azaltmak, operasyonel maliyetleri düşürmek gibi ekonomik avantajlar da sağlamaktadır.

Ancak, otopilot sistemlerinin karmaşıklığı, güvenlik ve güvenilirlik gereksinimleri, gelişmiş sensör teknolojileri ve kontrol algoritmalarının entegrasyonu, bu sistemlerin sürekli iyileştirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Ayrıca, İHA'ların sivil alanda artan kullanımıyla birlikte, bu sistemlerin hukuki yönleri de önemli bir tartışma konusu olmuştur. Hangi düzenlemelerin yapılması gerektiği, güvenlik standartlarının nasıl belirlenmesi gerektiği ve bu araçların etik kullanımı gibi sorunlar da bu makalede ele alınacaktır.

Bu çalışmanın amacı, sivil alanda kullanılan İHA'ların otopilot sistemlerini detaylı bir şekilde incelemektir. İlk olarak, İHA'ların tanımı ve sivil kullanım alanları üzerinde durulacak, ardından otopilot sistemlerinin temel işlevleri ve çalışma prensipleri ele alınacaktır. Güvenlik, güvenilirlik ve yapay zeka uygulamalarının sistemlere entegrasyonu tartışılacak, son olarak ise bu sistemlerin hukuki ve uygulama alanlarına dair çeşitli görüşler sunulacaktır.

1. İnsansız Hava Araçları ve Sivil Kullanım Alanları

1. 1. İnsansız Hava Araçlarının Tanımı ve Tarihçesi

İnsansız hava araçları (İHA), pilotlu bir insan bulunmadan tamamen otomatik ya da uzaktan kumanda ile uçabilen hava araçlarıdır. Bu araçlar, genellikle hava sahasında bağımsız olarak görev yapabilen, düşük maliyetli ve daha az risk taşıyan alternatif çözümler olarak tasarlanmışlardır. İHA'lar, uçuşlarını otonom olarak gerçekleştirebildikleri gibi, operatör tarafından uzaktan kumanda da edilebilmektedir. Bu özellikleri, onları insanlı hava araçlarına kıyasla daha esnek ve verimli hale getirmiştir.

İHA teknolojisinin tarihçesi, 20. yüzyılın başlarına kadar gitmektedir, ancak modern İHA'ların gelişimi, esas olarak 1940'lı yıllara ve II. Dünya Savaşı'na dayanmaktadır. İlk İHA'lar, askeri amaçlarla geliştirilmiş olup, özellikle düşman hedeflerini tespit etmek ve izlemek, hava saldırılarında hedefe yaklaşmadan denemeler yapmak gibi görevlerde kullanılmıştır. Bu dönemde, erken model İHA'lar genellikle hedef simülasyonları ve keşif misyonları için üretilmiştir.

20. yüzyılın sonlarına doğru, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte İHA'lar daha sofistike hale gelmiş ve ticari kullanımlar için de uygun hale getirilmiştir. Özellikle 1990'lar ve 2000'lerin başında, sivil alanlarda kullanılabilecek daha küçük, ucuz ve verimli İHA'lar geliştirilmeye başlanmıştır. Tarım, hava haritalama, lojistik, çevre izleme, arama-kurtarma, medya ve güvenlik

gibi birçok sektörde İHA'ların kullanımı hızla artmıştır. Bugün, İHA'lar, otonom uçuş teknolojileri sayesinde büyük bir çeşitlilik göstermektedir. Bu araçlar, yalnızca uçuş güvenliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda uçuş rotalarını optimize etme, veri toplama, insansız denetimler yapma ve tıbbi yardım sağlama gibi bir dizi yeni işlevi yerine getirebilmektedir. (Newcome, 2004)

İHA'ların sivil kullanım alanlarında giderek artan önemi, bu araçların uçuş kontrol sistemleri, sensör teknolojileri, yapay zeka ve makine öğrenmesi gibi ileri düzey yazılım ve donanım entegrasyonlarıyla daha da pekişmektedir. Bu araçların gelişimi, yalnızca askeri operasyonlarla sınırlı kalmamış, aynı zamanda ticaret ve günlük yaşamda da devrim yaratacak potansiyele sahip olmuştur. İHA teknolojisi, günümüzde her geçen yıl daha fazla sektörde kullanıma girmekte ve dünya çapında birçok yeni uygulama alanı bulmaktadır.

1. 2. Sivil Kullanım Alanları

İnsansız hava araçları (İHA'lar), özellikle son yıllarda teknolojik gelişmeler ve maliyetlerin düşmesiyle birlikte sivil alanda geniş bir kullanım yelpazesi bulmuştur. İHA'lar, geleneksel yöntemlere göre daha hızlı, daha verimli ve daha düşük maliyetli çözümler sunarak birçok sektörde devrim yaratmıştır. Başlıca sivil kullanım alanları şunlardır:

1. 3. Hava Haritalama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

İHA'lar, hava haritalama ve coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle büyük alanların hızlı bir şekilde haritalanması, topografik analizlerin yapılması ve coğrafi verilerin toplanması için İHA'lar ideal araçlar olarak kullanılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü kameralar ve LIDAR gibi sensörlerle donatılan İHA'lar, arazilerin 3D haritalarını oluşturmakta ve altyapı projeleri gibi mühendislik çalışmaları için hassas veri sağlamaktadır.

1. 4. Çevre İzleme ve Doğal Afet Yönetimi

İHA'lar, çevresel izleme ve doğal afetlerin tespiti gibi kritik görevlerde kullanılmaktadır. Örneğin, orman yangınlarını erken tespit etme, su kaynaklarının izlenmesi, hava kirliliği seviyelerinin ölçülmesi gibi uygulamalar İHA'lar sayesinde daha verimli bir şekilde yapılabilmektedir. Ayrıca, doğal afetlerde, örneğin sel, deprem veya tsunami gibi olaylarda, hasar tespiti, arama-kurtarma ve yardım sağlama işlemleri için de İHA'lar oldukça etkili bir araçtır.

1. 5. Tarımda Veri Toplama ve Ürün İzleme

Tarım sektörü, İHA'ları veri toplama ve ürün izleme amacıyla kullanmaktadır. İHA'lar, tarım alanlarının havadan izlenmesini sağlayarak çiftçilere ekim, sulama, gübreleme ve hasat gibi süreçlerde verimli kararlar alabilmeleri için yardımcı olmaktadır. Ayrıca, bitki sağlığı izleme, zararlılarla mücadele ve ürün verimliliği tahminleri gibi işler için de İHA'lar kullanılarak tarımda büyük verimlilik artışları sağlanmaktadır.

1. 6. Arama ve Kurtarma Operasyonları

İHA'lar, özellikle dağcılık, ormanlık alanlarda kaybolan kişilerin aranması ve doğal afetlerde kaybolan ya da mahsur kalan kişilerin kurtarılması gibi operasyonlarda büyük bir öneme

sahiptir. İHA'lar, hızlı bir şekilde geniş alanları tarayarak kaybolan kişilere dair hayati bilgi sağlayabilir ve kurtarma ekiplerinin işini kolaylaştırır. Ayrıca, gece görüşlü kameralar ve termal sensörler ile düşük ışık koşullarında bile etkin arama yapabilmektedir. (Lyu et al., 2023)

1. 7. Hızlı Teslimat Hizmetleri

E-ticaretin hızla büyümesiyle birlikte, İHA'lar hızlı teslimat hizmetlerinde de kullanılmaktadır. Paketlerin hızlı bir şekilde taşınması, özellikle ulaşılması güç bölgelere yapılacak teslimatlar için İHA'lar büyük bir avantaj sağlamaktadır. Hava yolu ile teslimat yapabilen İHA'lar, geleneksel kara yollarına göre daha kısa sürelerde teslimat yapabilmekte, böylece lojistik maliyetlerini ve teslimat sürelerini önemli ölçüde azaltmaktadır. (Austin, 2011)

1. 8. Medya ve Eğlence Sektörü

Medya ve eğlence sektörlerinde İHA'lar, özellikle hava çekimlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Film yapımcıları, belgesel çekimlerinde veya etkinliklerde hava görüntüleri almak için İHA'ları tercih etmektedir. Geleneksel kameralarla yapılması güç olan çekimler, İHA'lar sayesinde kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum, hem maliyetlerin düşmesine hem de yaratıcı ve estetik açıdan yeni fırsatlar doğmasına olanak sağlamaktadır.

1. 9. Diğer Kullanım Alanları

Bunun dışında, İHA'lar sağlık sektöründe acil tıbbi malzeme taşımacılığı, güvenlik hizmetlerinde devriye ve gözetim amaçlı, inşaat sektöründe ise alan incelemeleri ve ilerleme takibi gibi birçok farklı alanda da kullanılmaktadır.

İHA'ların sivil kullanım alanları, her geçen gün artan bir şekilde çeşitlenmektedir. Bu araçlar, yüksek esneklikleri, düşük maliyetleri ve hızlı operasyon kabiliyetleri sayesinde birçok sektörde önemli bir yere sahiptir. Bu kullanımlar, yalnızca ekonomik fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda toplumsal fayda açısından da büyük bir potansiyele sahiptir. (Clarke, 2014)

2. Otopilot Sistemleri ve Temel İşlevleri

2. 1. Otopilot Sistemlerinin Tanımı ve Bileşenleri

Otopilot, uçuş sırasında pilot müdahalesi olmadan uçağın tüm kontrolünü sağlayan ve uçuşu otonom olarak yönetebilen bir sistemdir. İnsansız hava araçlarında (İHA) kullanılan otopilot sistemleri, çok daha sofistike ve gelişmiş teknolojilerle donatılmıştır. Bu sistemler, sadece uçağın sabit bir rotada ilerlemesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda dinamik uçuş koşullarına uyum sağlayarak, yön kontrolü, hız kontrolü, irtifa koruma ve hatta belirli görevler için optimizasyon gibi çeşitli fonksiyonları yerine getirebilir.

Otopilot Sisteminin Temel Bileşenleri:

2. 1. 1. Uçuş Kontrol Birimi (FCU-Flight Control Unit)

Uçuş kontrol birimi, otopilot sisteminin merkezi bir bileşeni olup, tüm uçuş yönetimi işlemlerini koordine eder. Bu birim, uçuş sırasında alınan verileri işler, pilot tarafından yapılan komutları değerlendirir ve uygun uçuş parametrelerini belirleyerek kontrol sistemine iletir. FCU, genellikle bilgisayar tabanlı bir yazılım aracılığıyla çalışır ve uçuşun her aşamasında uçağın doğru şekilde yönlendirilmesini sağlar.

2. 1. 2. Sensörler

İHA'larda otopilot sistemleri, yüksek hassasiyetli sensörlerle donatılmıştır. Bu sensörler, uçağın çevresindeki fiziksel koşulları ve uçağın uçuş dinamiklerini algılayarak verileri uçuş kontrol birimine iletir. Ana sensör türleri şunlardır:

GPS (Küresel Konumlama Sistemi): Uçağın konumunu, hızını ve yönünü belirlemek için kullanılır. GPS, uçağın yerden uzaklığı ve hız değişimlerini izlemek için temel bir bileşendir.

İvmeölçer: Uçağın hareketlerini (ivme, hızlanma) ölçen sensördür. İvmeölçer, uçağın doğrusal hız değişimlerini algılar.

Jiroskop: Uçağın dönme hareketlerini ölçer. Yön değiştirme, eğim veya yaw hareketlerinin izlenmesi için kullanılır. Bu sensör, uçuş sırasında dengeyi sağlamada kritik bir rol oynar.

Motor Kontrol Sistemleri Motor kontrol sistemleri, otopilotun yön kontrolü yapabilmesi için gereklidir. Bu sistemler, motorun hızını, yönünü ve gücünü ayarlayarak uçağın istenilen rotaya yönlendirilmesini sağlar. Elektrik motorlarından içten yanmalı motorlara kadar farklı türdeki motorlar için tasarlanmış özel kontrol sistemleri, uçuş sırasında sürekli olarak çalışır ve uçağın stabil bir şekilde uçmasını sağlar.

Yazılım Algoritmaları Otopilot sistemlerinde kullanılan yazılım algoritmaları, uçuş esnasında alınan sensör verilerini işler ve uçuş yönetim kararlarını alır. Bu algoritmalar, navigasyon, hız kontrolü, yön kontrolü ve uçuşun tüm yönlerini yönlendiren mantıksal işlemler içerir. Özellikle yapay zeka ve makine öğrenmesi tabanlı algoritmalar, gelişmiş otopilot sistemlerinde kullanılarak, sistemin daha verimli, güvenli ve öngörülebilir çalışmasını sağlar.

Hedef Takip ve Otonom Karar Alma Modülleri Otopilot sistemleri, belirli bir hedefi izleyebilmek için gelişmiş yazılım modüllerine de sahiptir. Bu modüller, uçuş sırasında harici hedeflerin takibini yapabilir ve bu hedeflere en uygun uçuş rotasını belirleyebilir. Ayrıca, acil durumlar için de otonom karar alma yetenekleri eklenerek, uçuş güvenliğini artıran bir sistem yapılandırılabilir.

İHA'larda kullanılan otopilot sistemleri, uçuşun her aşamasında kritik veri işleme, karar verme ve kontrol sağlama işlevleri sunar. Bu sistemler, yüksek güvenilirlik ve verimlilik sağlayan teknolojilerle donatıldığından, otonom uçuşların başarısını büyük ölçüde artırmaktadır. İleri düzey sensörler ve yazılım algoritmalarının entegrasyonu ile İHA'ların uçuş güvenliği ve performansı sürekli olarak iyileştirilmektedir. (Correll et al., 2022; Raffo et al., 2010)

2. 2. İnsansız Hava Araçlarında Otopilot Sistemlerinin Önemi

İnsansız hava araçları (İHA) için otopilot sistemleri, güvenli ve etkili uçuşların

sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, İHA'ların uçuşu sırasında insan müdahalesine gerek kalmadan otonom olarak uçabilmelerini sağlar. Otopilotlar, uçuşun her aşamasında aracın stabil bir şekilde kontrol edilmesine olanak tanırken, aynı zamanda manevra kabiliyetini artırır ve çevresel faktörlere uygun yanıtlar verebilmesini sağlar.

Otopilotların İHA'lar İçin Önemi:

2. 2. 1. Otonom Uçuş ve Rota Kontrolü

Otopilot sistemleri, İHA'nın belirli bir uçuş rotasında otonom olarak ilerlemesini sağlar. Uçuş sırasında, pilot müdahalesine gerek kalmadan, sistem uçuş yolunu takip eder, yön değişikliklerini otomatik olarak yapar ve rotayı korur. Bu, uzun mesafeli uçuşlar için kritik bir avantaj sunar çünkü insan hatalarını minimize eder ve uçuş süresince kesintisiz bir kontrol sağlar.

2. 2. 2. Manevra Yetenekleri

Otopilot, hava aracının manevra yapabilmesi için gerekli olan tüm kontrol fonksiyonlarını yerine getirir. İHA'lar, dar alanlarda veya zorlu hava koşullarında manevra yapacaksa, otopilot sistemi, aracın uçuş kontrolünü hassas bir şekilde gerçekleştirir. Bu, özellikle arama-kurtarma görevleri, hava haritalama, tarım uygulamaları gibi hassas operasyonlar için büyük önem taşır.

2. 2. 3. Uzun Süreli ve Yüksek Hassasiyet Gerektiren Görevlerde Güvenlik

İHA'lar, ticari ve endüstriyel kullanımlar için genellikle uzun süreli uçuşlar yapar. Bu tür görevlerde, pilot müdahalesinin sınırlı olduğu durumlarda otopilot, uçağın tüm uçuş parametrelerini doğru şekilde izler ve denetler. Uzun uçuşlar sırasında insan faktörünün getirdiği yorgunluk veya hata riskleri ortadan kalkar. Örneğin, hava haritalama gibi yüksek hassasiyet gerektiren görevlerde otopilot, istenilen parametreleri doğru şekilde takip eder ve böylece daha verimli bir uçuş sağlar.

2. 2. 4. İnsan Faktörünü Minimize Etme

İnsan faktörü, hava araçlarının uçuşunda en yaygın hata kaynaklarından biridir. Uçuş sırasında pilotun yorgunluğu, dikkatinin dağılması veya yanlış kararlar vermesi, uçuş güvenliğini tehlikeye atabilir. Otopilot sistemleri, bu riskleri ortadan kaldırarak, uçuşun güvenliğini artırır ve insan hatalarını minimize eder. Ayrıca, operatörlerin veya pilotların sadece kritik anlarda müdahale etmesini sağlayarak, daha güvenli ve verimli bir uçuş deneyimi sunar.

2. 2. 5. Çevresel Faktörlere Uyum Sağlama

İHA'lar, uçuş sırasında çeşitli hava koşullarıyla karşılaşabilir. Rüzgar, yağmur, yoğun sis gibi faktörler, uçuş güvenliğini zorlaştırabilir. Otopilot sistemleri, bu tür çevresel etmenlere uygun olarak tepki verebilir. Örneğin, rüzgarın etkisiyle oluşabilecek yol sapmalarını telafi edebilir ve istenen rotada kalmayı başarabilir.

İHA'ların güvenli, etkili ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için otopilot sistemleri vazgeçilmezdir. Bu sistemler, uçuş süresince hem operatörlerin hem de uçuş aracının güvenliğini sağlayan önemli bir teknolojik altyapıyı oluşturur. İleri düzey otopilotlar, uçuşun her aşamasında yüksek hassasiyet ve otonomi sunarak, İHA'ların karmaşık görevleri yerine getirmesine olanak

tanır. Bu nedenle, İHA'larda otopilot sistemlerinin gelişimi ve iyileştirilmesi, teknolojinin geleceği için kritik bir öneme sahiptir.

3. Otopilot Sistemlerinin Çalışma Prensibi

3. 1. Otopilot Sistemlerinde Kullanılan Sensörler

İnsansız hava araçları (İHA) otopilot sistemlerinin doğruluğu ve verimliliği, kullanılan sensörlerin kalitesine ve hassasiyetine doğrudan bağlıdır. İHA'lar, uçuşun güvenli ve etkin bir şekilde yönetilebilmesi için çeşitli sensörlerle donatılmıştır. Bu sensörler, İHA'nın çevresiyle etkileşimde bulunarak uçuş verilerini toplar ve sistemin doğru kararlar alabilmesini sağlar. İHA'larda yaygın olarak kullanılan başlıca sensörler şunlardır:

3. 2. GPS (Küresel Konumlama Sistemi)

GPS, İHA'nın dünya üzerindeki konumunu belirlemek için kullanılan temel sensördür. Otopilot sistemlerinin en önemli bileşenlerinden biri olan GPS, İHA'nın enlem, boylam ve irtifa bilgilerini sağlar. Bu veriler, uçuş rotası ve hedef konum belirleme gibi kritik işlemler için kullanılır. GPS verileri, İHA'nın belirli bir rotayı takip etmesine, konumunu sabit tutmasına veya uçuşu yeniden yönlendirmesine olanak tanır. Ancak, GPS sinyalinin zayıf olduğu yerlerde, özellikle kapalı alanlarda veya yoğun yapılar arasında uçuşlarda alternatif sensörlere ihtiyaç duyulabilir.

3. 1. 2. İvmeölçer (Accelerometer)

İvmeölçer, İHA'nın hızlanmasını ve hareketini izler. İvmeölçer, aracın doğrusal hızlanmasını ve yerçekimi etkisini ölçerek, İHA'nın konumunu ve yönelimini doğru bir şekilde hesaplamaya yardımcı olur. Otopilot, ivmeölçer verilerini kullanarak, İHA'nın hızını, ivmesini ve hareketini takip eder. Bu sensör, özellikle kısa mesafeli ve düşük irtifalı uçuşlar sırasında kritik bir rol oynar.

3. 1. 3. Jiroskop

Jiroskop, İHA'nın açısal hızını ölçer ve uçuşun doğruluğunu sağlar. İHA'nın yatay, dikey ve dönüş hareketlerini takip etmek için kullanılır. Otopilot sistemleri, jiroskop verilerini kullanarak, İHA'nın yönelimini (roll, pitch, yaw) belirler ve düzeltme yaparak uçuşun düzgün bir şekilde devam etmesini sağlar. Jiroskoplar, özellikle manevra sırasında ve rüzgarlı hava koşullarında İHA'nın stabilizasyonu için oldukça önemlidir.

3. 1. 4. Manyetometre

Manyetometre, İHA'nın dünya manyetik alanı ile olan etkileşimini ölçer ve kuzey yönünü belirler. Bu sensör, İHA'nın yönünü belirlemek için jiroskopa birlikte kullanılır. Manyetometre, otopilot sistemlerine başta yaw (sapma) kontrolü olmak üzere yönelim düzeltmeleri yapabilme yeteneği sağlar. Manyetik veriler, GPS verileriyle birleşerek, İHA'nın doğru bir şekilde yönlendirilmesini mümkün kılar.

3. 1. 5. Barometre

Barometre, atmosfer basıncını ölçerek İHA'nın irtifasını belirler. Bu sensör, özellikle irtifa tutma ve yükseklik değişimlerini izlemek için kullanılır. Barometre, uçuşun düzgün bir şekilde sürdürülmesini sağlar, çünkü İHA'nın irtifa seviyesinin anlık olarak izlenmesi, yükseklik kontrolü ve engellerden kaçınma açısından önemlidir.

3. 1. 6. Lidar ve Radar

İHA'ların çevrelerini algılayabilmesi ve engellerden kaçınabilmesi için lidar (Light Detection and Ranging) ve radar gibi sensörler de kullanılır. Lidar, lazer ışınlarını kullanarak çevresindeki objeleri ve engelleri algılar, bu da otonom uçuş ve otonom navigasyon için kritik bir veridir. Radar ise, özellikle düşük görüş koşullarında (örneğin, sisli hava) İHA'nın çevresini algılayarak güvenli uçuş sağlar.

İHA'ların otopilot sistemlerinde kullanılan sensörler, uçuşun güvenliği, doğruluğu ve verimliliği açısından büyük öneme sahiptir.

GPS, ivmeölçer, jiroskop, manyetometre ve barometre gibi sensörler, İHA'nın doğru bir şekilde konumlanmasını, yön değiştirmesini ve güvenli bir uçuş sağlamasını mümkün kılar. Gelişmiş sensör teknolojilerinin entegrasyonu, otopilot sistemlerinin daha verimli ve güvenli çalışmasına olanak tanımaktadır.

3. 2. Otopilot Sistemlerindeki Kontrol Algoritmaları

İnsansız hava araçları (İHA) otopilot sistemlerinin düzgün çalışabilmesi için gelişmiş ve karmaşık kontrol algoritmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu algoritmalar, sensörlerden elde edilen verileri işleyerek İHA'nın mevcut durumunu belirler ve uçuş sırasında parametreleri optimize eder. Otopilot, bu algoritmalar aracılığıyla uçuş kontrolünü otomatik olarak gerçekleştirir, manevra yapar ve uçuş rotasını takip eder. Aşağıda, İHA'larda yaygın olarak kullanılan kontrol algoritmaları ve bunların avantajları açıklanmıştır.

3. 2. 1. PID (Proportional, Integral, Derivative) Kontrol Algoritması

PID kontrol algoritması, otopilot sistemlerinde en yaygın kullanılan geleneksel kontrol yöntemlerinden biridir. Bu algoritma, üç bileşenden oluşur:

Proportional (P): Uçuş parametresinin mevcut hata değeriyle orantılı olarak yapılan düzeltmeyi ifade eder. Bu bileşen, hatayı minimize etmeye çalışır ve sistemin hızlı bir şekilde stabilize olmasını sağlar.

Integral (I): Zamanla biriken hatayı düzeltir. Bu bileşen, küçük ama sürekli hataların düzeltilmesinde etkilidir ve uzun vadede sıfır hata sağlamayı amaçlar.

Derivative (D): Hatanın değişim hızını dikkate alır ve sistemin aşırı tepki vermesini engeller. Bu bileşen, sistemin daha hızlı ve düzgün bir şekilde stabilize olmasını sağlar.

PID algoritması, genellikle basit ve etkili olduğu için uçuş kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, PID kontrolü zamanla değişen uçuş koşulları ve sistem parametreleri karşısında yeterli olmayabilir, bu nedenle daha gelişmiş algoritmalar tercih edilebilmektedir.

3. 2. 2. Model Predictive Control (MPC) – Model Tahminli Kontrol

Model Predictive Control (MPC), dinamik sistemlerin kontrolü için kullanılan modern bir algoritmadır. MPC, sistemin gelecekteki davranışlarını tahmin etmek için bir model kullanarak optimal kontrol sinyalleri üretir. Bu algoritma, İHA'nın uçuş modelini dikkate alarak, gelecekteki uçuş koşullarını simüle eder ve optimal kontrol stratejilerini belirler. MPC'nin avantajı, çoklu kısıtlamaları ve hedefleri aynı anda optimize etme yeteneğidir.

Örneğin hem uçuş rotası hem de hız, yakıt tüketimi ve çevresel faktörler gibi çeşitli parametreler göz önünde bulundurulabilir.

MPC, özellikle karmaşık ve değişken çevre koşullarında İHA'ların etkili bir şekilde kontrol edilmesini sağlar. Bununla birlikte, MPC algoritmalarının hesaplama gereksinimleri yüksektir ve real-time (gerçek zamanlı) uygulamalar için uygun hale getirilmesi için optimize edilmesi gerekebilir. (Aliyari et al., 2022)

3. 2. 3. Yapay Zeka (AI) ve Makine Öğrenmesi (ML) Tabanlı Kontrol Algoritmaları

Yapay zeka ve makine öğrenmesi, İHA'ların otopilot sistemlerinde son yıllarda önemli bir yer edinmiştir. Bu algoritmalar, uçuş sırasında verilerden öğrenerek sistemin kendini optimize etmesine olanak tanır. Makine öğrenmesi, özellikle uçuş dinamikleri hakkında bilgi sahibi olmayan sistemlerde, önceki uçuşlardan elde edilen verilerle model oluşturabilir ve bu model üzerinden tahminler yaparak en iyi uçuş stratejilerini geliştirebilir.

Özellikle derin öğrenme (deep learning) yöntemleri, çok katmanlı yapılarla büyük veri kümelerini işleyebilmekte ve karmaşık kontrol problemlerini çözebilmektedir. Yapay zeka tabanlı sistemler, otopilotun çevresel değişimlere, hava koşullarına ve diğer engellere hızlı bir şekilde uyum sağlamasını sağlar. Ayrıca, bu sistemler uçuş sırasında pilotun müdahalesine gerek kalmadan hataları düzeltebilir ve uçuş rotasını optimize edebilir. (Chen et al., 2022)

3. 2. 4. Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) Kontrol

Bulanık mantık, belirsizlik ve doğruluk eksikliğiyle başa çıkabilen bir kontrol yaklaşımıdır. Bu algoritma, insan benzeri karar verme süreçlerini taklit eder ve uçuş sırasında parametrelerin belirsiz ve değişken olduğu durumlarda oldukça faydalıdır. Fuzzy Logic, genellikle PID algoritmasıyla birlikte kullanılabilir veya alternatif bir kontrol stratejisi olarak uygulanabilir. Bulanık mantık, İHA'ların güvenli uçuşunu sağlamak için ortam koşullarına göre esnek ve adaptif bir kontrol sağlar.

Otopilot sistemlerinde kullanılan kontrol algoritmaları, İHA'ların uçuş performansını ve güvenliğini doğrudan etkileyen önemli bileşenlerdir. PID, MPC, yapay zeka tabanlı algoritmalar ve bulanık mantık gibi çeşitli algoritmalar, farklı uçuş koşullarına göre optimize edilerek İHA'ların uçuş yönetimini daha verimli ve güvenli hale getirmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte, bu algoritmalar daha da sofistike hale gelmekte ve İHA'ların otonom uçuş kabiliyetlerini artırmaktadır.

4. Otopilot Sistemlerinde Güvenlik ve Güvenilirlik Mekanizmaları

4. 1. Yedekli Sistemler ve Otomatik Hata Tespiti

Otopilot sistemlerinde güvenlik, her zaman ön planda tutulması gereken bir unsur olup, özellikle İHA'lar gibi otonom uçan araçlarda bu gereklilik daha da önem kazanmaktadır. Uçuş güvenliğini sağlamak için geliştirilen teknolojiler, olası arıza durumlarına karşı dayanıklılığı artırmak ve uçuş sırasında sistemin kesintisiz çalışmasını sağlamak amacıyla çeşitli güvenlik önlemleri içermektedir. Bu güvenlik önlemleri arasında yedekli sistemler ve otomatik hata tespiti mekanizmaları önemli bir yer tutmaktadır.

4. 1. 1. Yedekli Sistemler

Yedekli sistemler, bir sistemin arıza durumunda diğer bileşenlerin devreye girerek uçuşun devamını sağlamasına olanak tanır. İHA'larda otopilot sistemleri, motorlar, sensörler ve iletişim sistemleri gibi kritik bileşenlerde yedeklilik, olası bir bileşen arızasının, uçuşu riske atmadan sistemin işlevini sürdürebilmesine olanak sağlar. Bu tür sistemlerde, her bir önemli bileşenin en az bir yedeği bulunur ve ana sistemde bir arıza meydana geldiğinde otomatik olarak yedek sistem devreye girer.

Örneğin, çoklu sensör yapıları kullanılarak, bir sensörün arızalanması durumunda diğer sensörler uçuş bilgisini sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca, motor yedekleme sistemleri sayesinde, bir motor arızası durumunda diğer motorlardan gelen güçle uçuş devam ettirilebilir. Bu yedekli yapılar, sistemin kesintisiz çalışmasını ve güvenli uçuşun sağlanmasını mümkün kılar.

4. 1. 2. Otomatik Hata Tespiti

Otomatik hata tespiti, otopilot sistemlerinin potansiyel aksaklıkları ve arızaları gerçek zamanlı olarak algılayıp, bu hatalara uygun şekilde müdahale etmelerini sağlayan mekanizmalardır. Bu mekanizmalar, uçuş sırasında sürekli olarak İHA'nın tüm alt sistemlerini izler ve anormal bir durum tespit edildiğinde hemen bir uyarı oluşturur. Hata tespiti hem yazılım hem de donanım seviyesinde yapılabilir.

Otomatik hata tespiti mekanizmaları, diagnostic algorithms (tanılama algoritmaları) kullanılarak sistemdeki olası sorunları erken aşamada belirler ve bu hatalar için çözümler önerir. Örneğin, bir sensör hatası durumunda sistem, hatalı sensörü tespit eder ve buna göre başka bir sensör verisiyle dengeleme yaparak uçuşa devam eder. Ayrıca, bir motor arızasında sistem, yedekli motoru otomatik olarak devreye sokarak uçuşu sürdürebilir.

Bu mekanizmaların en önemli avantajı, insan müdahalesine gerek kalmadan, sistemin anında tepki vererek, güvenliğini artırması ve herhangi bir olumsuz durumu minimum zararlarla atlatabilmesidir. (Sadeghzadeh & Zhang, 2011)

4. 2. Kritik Durumlar İçin Uygulama Örnekleri

Otomatik Yedekli Sensör Devreye Girmesi: Bir GPS sensörünün arızalanması durumunda, barometre ve ivmeölçer gibi diğer sensörler kullanılarak konum bilgisi sağlanabilir. Böylece, GPS kaybı nedeniyle uçuşun kayması önlenmiş olur.

Yedekli İletişim Kanalları: Ana iletişim kanalında bir kesinti meydana geldiğinde, ikinci bir iletişim kanalı devreye girer. Böylece uçuş kontrol merkeziyle sürekli iletişim sağlanabilir.

Motor Yedekleme: İHA'nın bir motoru arızalandığında, diğer motorlar devreye girerek uçuşu sürdürebilir ve bu sayede uçağın güvenli bir şekilde yere inmesi sağlanabilir.

Yedekli sistemler ve otomatik hata tespiti mekanizmaları, İHA'ların güvenli uçuş yeteneklerini artıran önemli faktörlerdir. Bu sistemler, herhangi bir arıza durumunda uçuşun devam etmesini sağlar ve potansiyel tehlikeleri erken tespit ederek önlem alınmasına olanak tanır. İHA'ların otonom uçuşlarda daha yaygın hale gelmesiyle birlikte, bu tür güvenlik önlemleri giderek daha kritik bir rol oynamaktadır. Bu güvenlik önlemleri sayesinde, uçuşlar daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir hale getirilmektedir.

4. 3. Otopilot Sistemlerinde Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları

Yapay Zeka (AI) ve Makine Öğrenmesi (ML), modern otopilot sistemlerinin daha gelişmiş ve otonom hale gelmesini sağlayan temel teknolojilerdir. Geleneksel otopilot sistemleri genellikle sabit kontrol algoritmalarına dayanırken, AI ve ML uygulamaları bu sistemleri daha esnek, dinamik ve çevresel faktörlere karşı duyarlı hale getirmektedir. Bu teknolojiler, özellikle değişken hava koşullarında, karmaşık uçuş senaryolarında ve zorlu çevresel şartlarda İHA'ların daha verimli ve güvenli bir şekilde uçuş yapmalarına olanak tanımaktadır.

4. 3. 1. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesinin Rolü

Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi, otopilot sistemlerine entegre edildiğinde, uçuş sırasında gerçek zamanlı veri analizi yaparak, uçuş dinamiklerini sürekli olarak optimize eder. AI, İHA'nın uçuş verilerini toplayarak, önceki uçuşlardan elde edilen bilgileri kullanarak daha doğru tahminlerde bulunabilir.

Bu, özellikle uçuş rotası planlama, hava durumu değişikliklerine tepki verme ve acil durum yönetimi gibi alanlarda fayda sağlar.

Makine öğrenmesi, İHA'nın geçmiş uçuş verilerine dayalı olarak öğrenme yeteneği sunar. Bu sayede, uçuş sırasında karşılaşılan yeni durumlarla başa çıkmak için önceden belirlenmiş algoritmalara ihtiyaç duyulmaz, sistem kendi kendine öğrenir ve adaptif kararlar alır.

4. 3. 2. Hava Koşullarına ve Çevresel Şartlara Adaptasyon

İHA'lar, çevresel faktörlere ve hava koşullarına duyarlı olarak tasarlanmışlardır. AI tabanlı otopilotlar, değişen hava koşullarına daha hızlı tepki verebilir. Örneğin, rüzgar hızı ve yönündeki değişiklikleri sürekli olarak analiz edebilir ve uçuş yönünü optimize edebilir. Yapay zeka, ani hava koşullarındaki değişimlere uyum sağlamak için geçmiş verilerle güncel uçuş koşullarını karşılaştırarak uçuş parametrelerini otomatik olarak ayarlayabilir.

Bunun yanı sıra, karmaşık hava koşullarında İHA'nın manevra yapabilme kabiliyeti de AI teknolojisi ile iyileştirilebilir. Yapay zeka, yalnızca anlık verilerle değil, gelecekteki hava durumu tahminleriyle de uçuş rotalarını optimize ederek, güvenli ve verimli bir uçuş sağlar. (Chen et al., 2009)

4. 4. Otopilot Sistemlerinde Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Kullanım Alanları

Uçuş Rotalarının Optimizasyonu: AI tabanlı sistemler, uçuş boyunca İHA'nın en verimli rota üzerinde kalmasını sağlayacak kararlar alabilir. Bu hem yakıt verimliliği hem de uçuş süresi açısından avantaj sağlar. AI, farklı çevresel faktörlere (rüzgar, yağış, trafik) dayanarak uçuş rotalarını sürekli olarak optimize edebilir.

Hata ve Arıza Tespiti: Makine öğrenmesi, otopilot sistemlerinde olası hataları veya arızaları tespit edebilir. Sistem, önceki uçuşlarda karşılaşılan sorunları analiz ederek, mevcut uçuş koşullarında benzer problemleri tahmin edebilir ve böylece önceden uyarı verebilir. Bu, uçuş güvenliğini artıran önemli bir özelliktir.

Çevresel Engellerin Tespiti: Yapay zeka, çevresel engelleri algılayabilen gelişmiş algılama sistemleri ile birleşerek İHA'nın güvenliğini artırır. Obje tanıma ve engel tespit algoritmaları sayesinde, AI tabanlı otopilotlar, uçuş sırasında beklenmeyen engelleri tespit edip, uçuş rotasını buna göre ayarlayabilir.

Yenilikçi Uçuş Stratejileri: Makine öğrenmesi, yeni uçuş stratejileri geliştirebilme yeteneğine sahiptir. İHA, daha önce karşılaşmadığı uçuş senaryolarında, kendi deneyimlerinden öğrenerek en uygun çözümü bulabilir. Bu, özellikle uçuş güvenliğini artıran yenilikçi manevralar ve kararlar almayı mümkün kılar. (Al-Haddad & Jaber, 2022)

4. 5. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesinin Sağladığı Avantajlar

Daha Yüksek Esneklik: Yapay zeka, İHA'ların yeni ve daha önce karşılaşılmamış koşullara adapte olabilmesini sağlar. Bu esneklik, İHA'nın zorlu çevresel koşullarda dahi etkili bir şekilde görev yapabilmesini mümkün kılar.

İnsan Müdahalesi Azaltma: AI ve makine öğrenmesi, insansız hava araçlarının otonom olarak uçuş yapabilmesini sağlar. Bu, özellikle uzak veya tehlikeli bölgelerdeki uçuş görevlerinde, insan müdahalesi gerekliliğini azaltarak riskleri minimize eder.

Gelişmiş Tahmin Yeteneği: Yapay zeka, geçmiş verilerden öğrenerek gelecekteki uçuşu tahmin etme kabiliyeti sağlar. Bu, uçuş sırasında alınacak önlemleri, hava koşullarındaki değişimlere göre önceden belirlemeye yardımcı olur.

Yapay zeka ve makine öğrenmesi, otopilot sistemlerinin verimliliğini ve güvenliğini artıran güçlü teknolojilerdir. İHA'lar, bu teknolojiler sayesinde daha akıllı, adaptif ve çevresel faktörlere duyarlı hale gelmektedir. AI tabanlı otopilot sistemleri, uçuşların daha güvenli, verimli ve otonom hale gelmesini sağlar. İHA'ların kullanım alanlarının giderek genişlemesiyle birlikte, yapay zeka ve makine öğrenmesinin katkıları, sektörde önemli bir rol oynamaktadır ve gelecekte bu alandaki yeniliklerin daha da artması beklenmektedir. (Makadia et al., 2020)

5. Sivil Alanda Kullanılan İHA'ların Gelişmiş Otopilot Sistemleri ile Hukuki Yönleri ve Uygulama Alanları

Gelişmiş otopilot sistemleri, sivil alanlarda insansız hava araçlarının (İHA) operasyonel verimliliğini artıran önemli teknolojilerdir. Ancak, bu teknolojilerin yaygın kullanımı beraberinde çeşitli hukuki sorumlulukları da getirmektedir. İHA'ların uçuşları, yalnızca teknolojik açıdan

değil, aynı zamanda hukuki, güvenlik ve etik bakımlardan da dikkatle düzenlenmesi gereken bir alandır. Otopilot sistemlerinin, uçuş rotalarını otonom olarak belirlemesi, uçuş güvenliğini sağlama ve çevresel faktörlere tepki verme gibi avantajlar sunarken, bu gelişmeler aynı zamanda yeni düzenlemeler ve denetim mekanizmalarını gerektirmektedir. (Fard et al., 2023)

5. 1. Hava Sahası Yönetimi ve Uçuş İzinleri

İHA'ların gelişmiş otopilot sistemleriyle donatılması, uçuşlarının daha otonom bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır. Ancak, bu uçuşlar hala hava sahası yönetimi ve uçuş izinleri ile ilgili yasal çerçevelere tabidir. Sivil İHA'lar, hava trafiğini etkilemeden güvenli bir şekilde uçabilmek için belirli bölgelere, yüksekliklere ve zaman dilimlerine kısıtlamalar getirilmektedir. Çoğu ülke, İHA'ların uçuş izni alması için detaylı prosedürler belirlemiştir. Bu prosedürler, uçuşun yapılacağı bölgenin hava koşulları, trafiğin yoğunluğu, İHA'nın teknik özellikleri ve uçuş amacına göre değişiklik gösterebilir. Otopilot sistemleri, bu izinlerin alınması sürecini daha etkili hale getirebilir, çünkü uçuş planlaması daha hassas ve güvenli bir şekilde yapılabilir. Ancak, bu sistemlerin tamamen otonom olması, İHA'ların izinsiz uçuşlar yapma potansiyelini de beraberinde getirebilir ve bu, ciddi yasal risklere yol açabilir. (Rumba & Nikitenko, 2020)

5. 2. Güvenlik Standartları ve Denetim

İHA'ların gelişmiş otopilot sistemleri, uçuş güvenliğini artırmayı hedeflese de sistemdeki olası arızalar veya yazılım hataları ciddi güvenlik tehditlerine yol açabilir. Bu nedenle, İHA'ların tasarım ve kullanım aşamalarında uluslararası güvenlik standartlarına uyulması gerekmektedir. Otopilot sistemlerinin çalışabilirliğini ve güvenliğini denetlemek için düzenli olarak testler ve sertifikalar yapılmalıdır.

Uluslararası sivil havacılık kuruluşları, İHA'lar için belirli güvenlik standartları oluşturmuş ve bu standartlara uyulması zorunlu hale getirilmiştir. Otopilot sistemlerinin, uçuş sırasında bu standartlara uygun şekilde çalışması sağlanmalıdır. Ayrıca, gelişmiş otopilot sistemlerinin yazılım hatalarını ve sistemsel arızaları önceden tespit edebilmesi için sürekli güncellenmesi gereken denetim mekanizmaları vardır. (Chen et al., 2022)

5. 3. Gizlilik ve Veri Koruma

İHA'lar, yüksek çözünürlüklü kameralar ve çeşitli sensörlerle donatılmakta ve bu sensörler aracılığıyla büyük miktarda veri toplanmaktadır. Bu veriler, uçuş sırasında toplanan konum bilgileri, görüntüler, hava koşulları verileri gibi çeşitli hassas bilgileri içerebilir. Gelişmiş otopilot sistemleri, uçuş verilerinin toplanması ve işlenmesi sırasında, gizlilik ve veri güvenliği konularına da dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

İHA'ların özellikle ticari ve sivil alanlarda kullanımı, kişisel verilerin toplanması ve izinsiz görüntüleme riski oluşturabilir. Bu nedenle, İHA üreticilerinin ve kullanıcılarının, yerel veri koruma yasalarına uygun olarak faaliyet göstermesi gerekmektedir.

Gelişmiş otopilot sistemleri, bu tür verilerin toplanması sırasında otomatik veri şifreleme, anonimleştirme ve güvenli depolama yöntemlerini kullanarak gizlilik ihlallerini önlemeye yönelik çözümler sunmalıdır. (Wilson, 2014)

5. 4. Hukuki Sorumluluk ve İHA Kazaları

Gelişmiş otopilot sistemlerinin kullanımı, kazaların ve operasyonel hataların hukuki sonuçlarını da beraberinde getirebilir. Otopilotların tamamen otonom hale gelmesi, pilot müdahalesini en aza indirir de sistemdeki olası arızalar veya hatalar nedeniyle meydana gelebilecek kazaların sorumluluğu önemli bir hukuki konu olarak öne çıkmaktadır.

İHA kazalarının durumunda, kazaya neden olan faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Otopilot sisteminin bir hatası nedeniyle gerçekleşen bir kaza durumunda, yazılım geliştiren firma veya otopilot sağlayıcısının hukuki sorumluluğu gündeme gelebilir. Bu nedenle, gelişmiş otopilot sistemleri için yasal sorumluluk sınırlarının net bir şekilde belirlenmesi önemlidir. (Makadia et al., 2020)

5. 5. Uygulama Alanları

Gelişmiş otopilot sistemlerinin sivil alandaki en yaygın uygulama alanları şunlardır:

Tarım: Tarımda İHA'lar, gelişmiş otopilot sistemleriyle ekin takibi, ilaçlama ve hasat alanlarının haritalanmasında kullanılır.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. 1. Tarımda kullanılan İHA

Lojistik ve Hızlı Teslimat: Otopilotlu İHA'lar, kargo taşımacılığında, özellikle uzak bölgelere yapılacak teslimatlarda tercih edilmektedir.

Çevre İzleme: İHA'lar, çevresel değişiklikleri izlemek ve doğal afetler gibi durumlarda hızlı müdahale sağlamak için kullanılır.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. 2. Yangın söndürmede kullanılan İHA

Arama ve Kurtarma: Gelişmiş otopilot sistemleri, arama ve kurtarma operasyonlarını daha etkin hale getirir, özellikle kaybolan kişilerin yerini belirleme veya afet bölgesindeki hasar tespiti gibi görevlerde kullanılır.

Gelişmiş otopilot sistemlerinin sivil alanda kullanımı, hava sahası yönetimi, güvenlik, gizlilik ve sorumluluk gibi hukuki yönler açısından dikkatle ele alınmalıdır. Bu teknolojilerin yasal düzenlemelere uygun şekilde kullanılması, güvenli ve verimli bir uçuş deneyimi sağlamak adına kritik öneme sahiptir. İHA'ların kullanım alanlarının artmasıyla birlikte, bu alandaki hukuki düzenlemelerin daha da detaylandırılması ve güncellenmesi gerektiği açıktır. Bu alandaki yenilikçi çözümler ve hukuki gelişmeler, İHA'ların daha yaygın ve güvenli bir şekilde kullanılmasına olanak tanıyacaktır. (Lyu et al., 2023; Reger et al., 2018; Rejeb et al., 2023)

SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMA ÖNERİLERİ

Sonuç olarak, sivil alanda kullanılan insansız hava araçlarının (İHA) otopilot sistemleri, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte büyük bir potansiyele sahip olmuştur. Bu sistemler, İHA'ların uçuşlarını daha güvenli, verimli ve otonom hale getirerek birçok endüstride önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. Otopilot sistemlerinin gelişimi, uçuş operasyonlarının hassasiyetini artırmış, insansız uçuşların kapsamını genişletmiştir. Gelişmiş sensörler, yapay zeka ve makine öğrenimi teknikleriyle desteklenen otopilot sistemleri, hava koşullarına adapte olabilme, uçuş rotalarını optimize etme ve hata toleransı sağlama gibi avantajlar sunmaktadır.

Ancak, otopilot sistemlerinin daha da geliştirilmesi için birkaç temel alanın üzerinde durulması gerekmektedir. Öncelikle, güvenlik önlemleri daha da güçlendirilmelidir. Otopilot sistemlerinin yazılım hatalarına karşı dayanıklı olması, yedekli sistemlerle donatılması ve otomatik hata tespiti mekanizmaları ile güvenlik seviyesi artırılmalıdır. Ayrıca, uçuş sırasında meydana gelebilecek olağanüstü durumlara karşı insan müdahalesini gerektirmeyen sistemler tasarlanmalıdır.

Bir diğer önemli gelişim alanı ise hukuki düzenlemelerdir. İHA'ların sivil alanlarda daha

yaygın bir şekilde kullanılması, hava sahası yönetimi, uçuş izinleri, veri güvenliği ve kişisel gizlilik gibi konularda yasal düzenlemelerin önemini artırmıştır. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası düzeyde İHA'ların güvenli kullanımı için standartlar ve yasal çerçeveler belirlenmeli, bu sistemlerin denetim mekanizmaları güçlendirilmelidir.

Gelecekteki çalışmalar, otopilot sistemlerinin daha da optimize edilmesi ve yeni uygulama alanlarının keşfi üzerine yoğunlaşmalıdır. Özellikle, daha akıllı ve adaptif sistemlerin geliştirilmesi, çevresel faktörlere göre uçuşu optimize edebilme yeteneklerinin artırılması ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesi gibi konular ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, insansız hava araçlarının otonom uçuş kapasitesinin artırılması, güvenlik ve etik sorunları üzerinde de derinlemesine araştırmalar yapılmasını gerektirecektir.

Sonuç olarak, İHA'ların otopilot sistemleri gelecekte daha verimli, güvenli ve yasal çerçevelere uygun hale getirilecek, bu da sivil alanda İHA kullanımını daha yaygın ve etkin bir hale getirecektir.

KAYNAKÇA

- Al-Haddad, L. A., & Jaber, A. A. (2022). Applications of Machine Learning Techniques for Fault Diagnosis of UAVs. *SYSTEM*, 19-25.
- Aliyari, M., Wong, W. K., Bouteraa, Y., Najafinia, S., Fekih, A., & Mobayen, S. (2022). Design and Implementation of a Constrained Model Predictive Control Approach for Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Access*, 10, 91750-91762. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3202020>
- Austin, R. (2011). *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment*. John Wiley & Sons.
- Chen, H., Wang, X. m., & Li, Y. (2009, 7-8 Nov. 2009). A Survey of Autonomous Control for UAV. 2009 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence,
- Chen, J., Sun, J., & Wang, G. (2022). From Unmanned Systems to Autonomous Intelligent Systems. *Engineering*, 12, 16-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.10.007>
- Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic. *Computer Law & Security Review: The International Journal of Technology Law and Practice*, 30 (3), 230–246. In.
- Correll, N., Hayes, B., Heckman, C., & Roncone, A. (2022). Introduction to Autonomous Robots: Mechanisms. *Sensors, Actuators, and Algorithms. MIT Press, Cambridge, MA*.
- Fard, N. E., Selmic, R. R., & Khorasani, K. (2023). Public Policy Challenges, Regulations, Oversight, Technical, and Ethical Considerations for Autonomous Systems: A Survey. *IEEE Technology and Society Magazine*, 42(1), 45-53. <https://doi.org/10.1109/MTS.2023.3241315>
- Lyu, M., Zhao, Y., Huang, C., & Huang, H. (2023). Unmanned aerial vehicles for search and rescue: A survey. *Remote Sensing*, 15(13), 3266.
- Makadia, J., Pashchapur, R., Dhulasawant, T., G, Y. G., & P.Y, D. R. (2020, 2-4 July 2020). Autonomous Flight Vehicle Incorporating Artificial Intelligence. 2020 International Conference on Computational Performance Evaluation (ComPE),
- Newcome, L. R. (2004). *Unmanned aviation: a brief history of unmanned aerial vehicles*. Aiaa.
- Raffo, G. V., Ortega, M. G., & Rubio, F. R. (2010). An integral predictive/nonlinear H_∞ control structure for a quadrotor helicopter. *Automatica*, 46(1), 29-39.
- Reger, M., Bauerdick, J., & Bernhardt, H. (2018). Drones in Agriculture: Current and future legal status in Germany, the EU, the USA and Japan. *Landtechnik*, 73(3), 62-79.
- Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S. J., & Treiblmaier, H. (2023). Drones for supply chain management and logistics: a review and research agenda. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26(6), 708-731. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1981273>
- Rumba, R., & Nikitenko, A. (2020, 1-4 Sept. 2020). The wild west of drones: a review on autonomous- UAV traffic-management. 2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS),
- Sadeghzadeh, I., & Zhang, Y. (2011). A review on fault-tolerant control for unmanned aerial vehicles (UAVs). *Infotech@ Aerospace 2011*, 1472.

Wilson, R. L. (2014, 23-24 May 2014). Ethical issues with use of Drone aircraft. 2014 IEEE International Symposium on Ethics in Science, Technology and Engineering.

Autopilot Systems of Unmanned Aerial Vehicles Used in Fields

Research Article

Mustafa Zafer Cihangir

Erciyes University,
Aviation Electrical Electronics,
Master Degree,
ORCID: 0009-0005-4484-8382

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16625102>

ABSTRACT

This paper focuses on the autopilot systems used in unmanned aerial vehicles (UAVs) in the civil sector. UAVs are equipped with advanced autopilot systems that enable autonomous flight management, allowing for safer and more efficient flights without human intervention. The paper thoroughly discusses the fundamental functions of autopilot systems, their operating principles, safety and reliability mechanisms, as well as applications of artificial intelligence and machine learning. Additionally, the legal aspects and areas of application of UAV autopilot systems are addressed. In conclusion, the paper emphasizes the need for further development of UAV autopilot systems, strengthening safety measures, and establishing legal regulations. Future research should focus on optimizing these systems and exploring new areas of application.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Autopilot Systems, Sensor, Artificial Intelligence, Machine Learning