

**OTOPİLOT SİSTEMİNE SAHİP DÖNER
KANATLI MİNİ İNSANSIZ HAVA ARACININ
DEMİRYOLU GÜVENLİĞİ ÇALIŞMALARINDA
KULLANIMI**

Mehmet MASAT
Yüksek Lisans Tezi

Sivil Havacılık Anabilim Dalı
Ağustos-2013

**Bu Tez Erzincan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu
Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. Proje No:12.01.01**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mehmet MASAT' in “Otopilot Sistemine Sahip Döner Kanatlı Mini İnsansız Hava Aracının Demiryolu Güvenliği Çalışmalarında Kullanımı” başlıklı **Sivil Havacılık** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 10.07.2013 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı – soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Öğr. Gör. Dr. Hakan KORUL
Üye (II. Danışman)	: Yard. Doç. Dr. Mehmet KAYA
Üye	: Prof. Dr. Osman PARLAKTUNA
Üye	: Yard. Doç. Dr. Ahmet YAZICI
Üye	: Yard. Doç. Dr. Sinem KAHVECİOĞLU

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....tarih vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTOPİLOT SİSTEMİNE SAHİP DÖNER KANATLI MİNİ İNSANSIZ HAVA ARACININ DEMİRYOLU GÜVENLİĞİ ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI

Mehmet MASAT

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü,
Sivil Havacılık Anabilim Dalı**

**Danışman: Öğr. Gör. Dr. Hakan KORUL
2013, 73 Sayfa**

Ülkemizde nüfus yoğunluğuna paralel olarak artış gösteren trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde yaşanan trafik sıkışıklığı ve kara araçlarından kaynaklanan hava kirlenmesi etmenlerini azaltmak için kent içi ve şehirlerarası raylı sistemlere önem verilmektedir.

Demiryolu ulaşımının ekonomik ve hızlı olmasının yanında güvenli olması da istenmektedir. Demiryolu ulaşımında sıkça karşılaşılan demiryolundaki yol bozuklukları ve karşılaşılabilecek sabotaj durumları gibi güvenliği tehdit edici olayların bir program dâhilinde kontrol edilmesi gerekmektedir. Tren raylarında oluşabilecek hat kesintilerinin uyarılması için geliştirilen sinyalizasyon ve elektrifikasyona yönelik çalışmalar olmasına rağmen bu uygulamalar demir yolu üzerinde, özellikle gözlemsel yöntemlerle gerçekleştirilen kontrollerde belirlenebilecek olan arızaların bulunmasında etkili değildir. Bu nedenle bu işlem yol kontrol memuru unvanına sahip kişilerce belirli bir program dâhilinde sürekli bir şekilde gözlemsel olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada, demiryolu hat kontrol ekibi tarafından rutin olarak yapılan demiryolu güvenliği kontrolünü daha kısa sürede, daha az maliyetle ve daha güvenli bir şekilde yapılmasını sağlamak amacı ile bir İnsansız Hava Aracı (İHA) geliştirilmiş ve geliştirilen bu İHA ile demiryolu kontrolü için deneysel çalışmalar yapılarak elde edilen test uçuşu verilerinde İHA'nın demiryolu güvenliğinde uygulanabilirliği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Araçları, Demiryolu Güvenliği, Demiryolu ulaşımı, Yol Kontrol Memuru

ABSTRACT**Master of Science Thesis****USAGE OF ROTARY WING UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)
HAVING AUTO PILOT SYSTEM IN RAILWAY SAFETY
Mehmet MASAT****Anadolu University
Graduate School of Sciences
Civil Aviation Program****Supervisor: Lecturer Doctor Hakan Korul****2013, 73 Pages**

Emphasis on urban and intercity rail systems to decrease traffic congestion and air pollution caused by road vehicles in cities in our country which increased traffic density in line with population density,

It is also important for railway transportation to be reliable as well as its being economic and fast. Conducted studies on signalization and electrification for the security of the railway are not influential on the detection of faults which will be able to be determined especially with observational controls. Therefore this duty is done by control officer within a particular program.

In this study; an unmanned aircraft vehicle for civil uses has been developed for being used in ongoing railway security studies in less time, with less cost and more secure in order to ensure in our country. With this developed unmanned aircraft vehicle; necessary data have been taken by performing check flights in the region determined in the study of railway safety control. Necessary routine controls have been done accompanied by the experts observing with traditional methods in the check flight region thereby the applicability of unmanned aircraft vehicle have been performed by comparing potential problematic points with check flight data.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Railway Safety, Rail transport,
Road Control Officer

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, bana yol gsteren danışman hocalarım Sayın Öğr. Gör. Dr. Hakan KORUL ve Yard. Doç. Dr. Mehmet KAYA' ya, İHA' ya ait sistemlerin montajında ve tren raylarının video çekiminde emeklerini esirgemeyen Sayın Murat TURNA' ya, hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen aileme, tez yazım sürecinde sürekli destekçim olan eşime ve gelişiyile dünyamıza ışık saçan biricik oğluma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet MASAT

Ağustos 2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)	3
2.1.İnsansız Hava Araçları	3
2.2.İHA'ların Avantajları	3
2.3.İHA'ların Sınıflandırılması	4
2.3.1. Kullanım Alanlarına Göre İHA'lar	4
2.3.1.1. Askeri kullanım alanları	4
2.3.1.2. Sivil kullanım alanları	6
2.3.2. Performans özelliklerine göre İHA'lar	6
2.3.2.1. Ağırlığa göre sınıflandırma	7
2.3.2.2. Havada kalış süresi ve menzile göre sınıflandırma	10
2.3.2.3. Çıkılabilen yüksekliğe göre sınıflandırma	12
2.3.2.4. Kanat yüklemesine göre sınıflandırma	13
2.3.2.5. Motor tipine göre sınıflandırma	14
3. DEMİRYOLU GÜVENLİĞİ	16
3.1.Demiryolu Ulaşımı	16
3.1.1. Şehir içi demiryolu ulaşımı	16
3.1.1.1.Banliyö treni	17
3.1.1.2.Tramvay	17

3.1.1.3.Metro	18
3.1.2. Şehir dışı demiryolu ulaşımı	19
3.1.2.1.Tren	19
3.1.2.2.Hızlı tren	19
3.2.Üstyapı Bilgisi	20
3.2.1. Ray	20
3.2.2. Travers	21
3.2.3. Balast	21
3.2.4. Makas	22
3.3. Koruyucu Bakım	23
3.3.1. Hattın makinist tarafından kontrolü	23
3.3.2. Hattın ve 3.rayın görsel kontrolü	24
3.4.Yol Kontrol Memuru	24
3.4.1. Rayların görsel kontrolü	25
3.4.2. Traverslerin görsel kontrolü	26
3.4.3. Ray kaynakların görsel kontrolü	27
3.4.4. Ray bağlantı elemanlarının görsel kontrolü	28
3.4.5. Hat geometrisinin görsel kontrolü	28
3.4.6. Makasların Görsel Kontrolü	29
3.5.İha'ların Tren Yolu Güvenliğinde Kullanılması	29
4. MATERYAL VE YÖNTEM	32
4.1.Yöntem	32
4.2.İHA	32
4.2.1. İHA hava platformu	32
4.2.2. Kullanılan modelin özellikleri	33
4.2.2.1.Pozisyon ve yükseklik sabitleme	33
4.2.2.2.Akıllı yön kontrolü	34
4.2.2.3.Otomatik geri dönüş ve iniş	34
4.2.2.4.Düşük gerilim (voltaj) koruması	35
4.2.2.5.Led uyarı sistemi	36
4.2.3. Elektrik – Elektronik (Aviyonik) sistemler	36

4.2.3.1.Güç ünitesi	37
4.2.3.2.Haberleşme sistemi	38
4.2.3.3.Yazılım güncellemesi	39
4.3. Eş Zamanlı (On-Line) Görüntü Alma ve Aktarma	40
4.4. Otopilot Sistemi	41
4.5. Gece Uçuşu	42
4.6. Yer Kontrol İstasyonu (YKİ)	43
4.7. Test Uçuşu	45
5. TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER	47
5.1. Test Uçuşu Sonuçları	47
5.1.1. Yapılan kontrolün saptanması	48
5.1.2. Model yer hızı ve yükseklik	49
5.1.3. Kontrol edilen alan genişliği	49
5.2. İHA ile Demiryolu Güvenliği Kontrol Uygulaması	50
5.2.1. Uygulama uçuşu	50
5.3. Sonuçlar ve Öneriler	56
KAYNAKLAR	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Global Hawk (Tier III)	7
2.2. İHA'ların sahip oldukları ağırlıklar	8
2.3. DarkStar Tier III Minus	8
2.4. Outrider	9
2.5. Raven – up	9
2.6. Yüksek menzil kapasitesine sahip İHA'lar	11
2.7. Pointer	11
2.8. İHA'ların çıkabilecekleri maksimum irtifalar	13
2.9. Kanat yüklemelerine göre İHA'lar	14
3.1. Ulaşım Türleri	16
3.2. Banliyö Treni	17
3.3. Tramvay	18
3.4. Metro	18
3.5. Tren	19
3.6. Ankara –Eskişehir seferini yapan hızlı tren	20
3.7. Rayın Bölümleri	21
3.8. B 70 Tipi Beton Traversler	21
3.9. Balast inşaatı	22
3.10. Makaslar	22
3.11. Hattın makinist tarafından kontrolü	24
3.12. Kırık ray	25
3.13. Ray üzerinde oluşan kabuklanma	26
3.14. Ray üzerinde oluşan ezilme	26
3.15. Görsel kontrolde karşılaşılan problemler	27
3.16. Kırık kaynak noktası	27
3.17. Eksik bağlantı vidaları	28
3.18. Raylarda oluşan fiziksel değişmeler	28
4.1. İHA platformu	32
4.2. Kumanda üzerinde bulunan pozisyon ve yükseklik sabitleme anahtarları ve konumları	34
4.3. Otomatik geri dönüş ve iniş durumları	35

4.4. LED göstergesi	35
4.5. LED uyarı sistemi	36
4.6. LED uyarılarının anlamları	36
4.7. Sistemlerin ve mekanik parçaların model üzerinde gösterimi	37
4.8. Fırçasız doğru akım motoru ve 3 hücreli batarya	37
4.9. Elektronik hız kontrol devreleri (Electronic Speed Controller, ESC)	38
4.10. İHA üzerine yerleştirilmiş video vericisi ve anteni	38
4.11. Kumanda üzerine yerleştirilmiş radyo vericisi anteni	39
4.12. Yazılım güncellemesi için USB girişi	39
4.13. İHA ile YKİ arasındaki haberleşme sistem şeması	40
4.14. GPS konum bilgisi giriş ekranı	42
4.15. Gece görüş görüntüsü	42
4.16. Yer kontrol kumandası ve fonksiyonları	43
4.17. A/V alıcı sistem şeması.....	44
4.18. YKİ parçaları	44
4.19. Test uçuşu, Haydarpaşa, İstanbul, 8 Haziran 2013	45
5.1. 60 Km menzilli Alıcı – Verici ünitesi	50
5.2. Uygulama videosunun 03:48 anının görüntüsü	51
5.3. Uygulama videosunun 03:57 anının görüntüsü	51
5.4. Uygulama videosunun 04:43 anının görüntüsü	52
5.5. Uygulama videosunun 05:24 anının görüntüsü	52
5.6. Uygulama videosunun 05:56 anının görüntüsü	53
5.7. Uygulama videosunun 05:59 anının görüntüsü	53
5.8. Uygulama videosunun 06:05 anının görüntüsü	54
5.9. Uygulama videosunun 06:09 anının görüntüsü	54
5.10. Uygulama videosunun 06:48 anının görüntüsü	55
5.11. Uygulama videosunun 06:58 anının görüntüsü	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1. İHA sistemlerinin askeri kullanım alanları	5
2.2. İHA sistemlerinin sivil kullanım alanları	6
2.3. İHA ların ağırlıklarının sınıflandırılması	7
2.4. İHA' ların Havada Kalış Süresi ve Menzile göre sınıflandırılması	10
2.5. İHA' ların çıkabileceği yüksekliğe göre sınıflandırılması	12
2.6. İHA' ların kanat yüklemesine göre sınıflandırılması	13
2.7. Kullanılan motor tipine göre İHA' lar	15
4.1. DJI PHANTOM modeline ait teknik özellikler	33
4.2. Test uçuş günündeki hava koşulları	46
5.1. Test uçuşu verileri	47
5.2. Video görüntülerinin kontrol listesi ile karşılaştırılması	48
5.3. Test uçuşlarında modelin yükseklik ve hız bilgileri	49

KISALTMALAR DİZİNİ

ESC	: Electronic Speed Control (Elektronik Hız Kontrol)
GPS	: Global Positioning System(Küresel Konumlandırma Sistemi)
HALE	: High Altitude Long Endurance (Yüksek İrtifa Uzun Dayanım)
İHA	: İnsansız Hava Aracı
İSU	: İnsansız Savaş Uçağı
MALE	: Medium Altitude Long Endurance (Orta İrtifa Uzun Dayanım)
R/C	: Remote Control (Uzaktan Kontrol)
RPM	: Revolutions Per Minute (Dakikadaki dönüş sayısı)
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
YKİ	: Yer Kontrol İstasyonu

1. GİRİŞ

Günlük yaşantının en önemli parçalarından biri olan ulaşım ihtiyacı ülkemizde nüfus yoğunluğu, sanayileşme ve ticaretin gelişmesine paralel olarak artış göstermektedir [1]. Ulaşım hareketliliği hayatımızdaki yeniliklere paralel olarak artarken, yük ve yolcu taşımacılığında toplumsal ve ekonomik gelişmelerden kaynaklanan ihtiyaçları karşılayabilmek için ulaşım türleri çeşitlenmiştir [1,2].

Toplu taşıma sistemlerinin birbirlerine göre karşılaştırmaları ekonomik, teknolojik ve çevresel özellikleri dikkate alınarak yapılır. Toplu taşıma sistemlerine ekonomik özellikleri açısından bakıldığında enerji, zaman ve maliyetleri açısından daha fazla tasarruf sağlayan araçlar tercih edilmektedir. Yolcu ve yük taşımacılığında diğer sistemlerle karşılaştırıldığında demiryolu ulaşımının ekonomik açıdan daha avantajlı olduğu görülmektedir [1].

Ülkemizde nüfus yoğunluğuna paralel olarak artış gösteren trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde yaşanan trafik sıkışıklığı ve kara araçlarından kaynaklanan hava kirlenmesi etmenlerini azaltmak için kent içi ve şehirlerarası raylı sistemlere önem verilmektedir.

Demiryolu ulaşımının ekonomik ve hızlı olmasının yanında en fazla güvenli olması istenmektedir. Demiryolu ulaşımında sıkça karşılaşılan demiryolundaki yol bozuklukları ve karşılaşılabilecek sabotaj durumları gibi güvenliği tehdit edici olayların bir program dâhilinde kontrol edilmesi gerekmektedir. Tren raylarında oluşabilecek iletim kesintilerinin uyarılması için geliştirilen sinyalizasyon ve elektrifikasyona yönelik çalışmalar olmasına rağmen bu uygulamalar demiryolu üzerinde, özellikle gözlemsel yöntemlerle gerçekleştirilen kontrollerle belirlenebilecek olan arızaların bulunmasında etkili değildir. Bu nedenle bu işlem yol kontrol memuru unvanına sahip kişilerce belirli bir program dâhilinde sürekli bir şekilde gözlemsel olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada, demiryolu hat kontrol ekibi tarafından rutin olarak yapılan demiryolu güvenliği kontrolünün daha kısa sürede, daha az maliyetle ve daha güvenli bir şekilde yapılmasını sağlamak amacı ile bir İnsansız Hava Aracı (İHA) geliştirilmiş ve geliştirilen bu İHA ile demiryolu kontrolü için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Literatür incelendiğinde İHA'lar başta askeri uygulamalar olmak üzere orman yangını, atmosfer araştırması, okyanus gözlemleri, jeolojik araştırmalar, hava durumu tahmini gibi birçok sivil uygulamalarda başarılı bir şekilde uygulanmakta olup demiryolu güvenliği uygulamalarında kullanımına rastlanmamıştır.

Gerçekleştirilen projeyle insansız hava aracı keşif, gözetleme ve operasyonel amaçlarla kullanılacak bir duruma getirilmiş olup gündüz ve gece görüş sistemi olan kamera kullanılarak aralıksız kontrol yapılabilecektir. Geliştirilen İHA ile demiryolu güvenliği kontrolü çalışmasında belirlenen bölgede test uçuşları gerçekleştirilerek gerekli veriler alınmıştır. Test uçuşunun yapıldığı bölgede geleneksel yöntemlerle gözlem yapan uzmanlar eşliğinde gerekli rutin kontroller yapılarak sorun teşkil edecek noktalar belirlenmiş olup test uçuşu verileri ile karşılaştırılması yapılarak İHA'nın demiryolu güvenliğinde uygulanabilirliği sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, İHA'lar, İHA'ların avantajları, İHA'ların sınıflandırılması ve ülkemizde yapılan İHA uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, demiryolu ulaşımı, demiryolu güvenlik kontrolleri, yol kontrol memurları ve yapmış oldukları kontroller hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde, çalışmada kullanılan İHA hava platformu ve yer kontrol istasyonu hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın beşinci bölümünde, demiryollarının güvenlik kontrollerinde İHA kullanımının uygulanabilirliğinin geleneksel yöntemlerle kıyaslamalı olarak analizi verilmiştir.

2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

2.1. İnsansız Hava Araçları

İnsansız Hava Aracı (İHA) yerden harici bir pilot tarafından kumanda edilen veya belirlenen bir uçuş planı doğrultusunda otomatik olarak hareket eden, havada tutunmak için aerodinamik kuvvetlerden yararlanan, uçuş sonrası tekrar kullanılabilen veya tahrip olan, motor gücüyle hareket eden hava aracıdır [3]. Hava araçları yapılırken istenilen görevleri yerine getirmek için tasarlanmaktadır. Üreticiler ne tür bir görev için hangi tip hava aracının en uygun olduğuna karar verirken hava aracının insanlı veya insansız olmasına da karar vermiş olurlar [3,4].

İHA üzerinde yapılan çalışmalar 1900'lü yılların başına dayanmakta olup İHA'lara ilgi geçtiğimiz on yıl boyunca önemli ölçüde artmıştır. Genellikle askeri uygulamalar için kullanılan İnsansız Hava Araçları, son zamanlardaki İHA teknolojisi ve haberleşme alanındaki gelişmeler doğrultusunda arama-kurtarma, doğal afetlerle mücadelede, gözetim, trafik denetimi gibi sivil uygulamalarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [5]. Başlangıçta İHA çalışmaları sadece birkaç ülke tarafından yürütülürken, günümüzde birçok ülke tarafından kullanılmaktadır.

2.2. İHA'ların Avantajları

İnsansız hava araçları, insanlı hava araçlarıyla karşılaştırıldığı zaman genelde insanlar için risk teşkil eden nükleer ve kimyasal maddelerle uğraşılması gereken durumlarda, uzun süreli gözetleme ve keşif uygulamalarında, taarruz ve hava savunması gibi vazifenin kritik ve tehdidin yoğun olduğu tehlikeli görevlerde kullanılmakta oldukları görülmektedir [6].

İHA'lar insanlı hava araçları ile karşılaştırıldığında aşağıda belirtilen avantajlara sahiptirler;

- Düşük emisyon ve daha az gürültü seviyesine sahip olduklarından çevre dostudurlar.

- Ekonomik olarak bakıldığında üretim, bakım, yakıt, hangar masrafları daha düşüktür.
- Gözetleme ve keşif uygulamalarında fark edilebilme ve vurulma olasılıkları daha düşüktür.
- İnsana bağlı yorgunluk ya da çalışma saati gibi sınırlamaları yoktur.
- Yüksek maliyetli uçak kaybı ve pilot ve mürettebat gibi insan kaybı yoktur.
- Hava savunması ve saldırı gibi tehlikeli görevlerde keskin manevra ve riskli hareketler yapması daha elverişli görülmektedir.
- İnsanlı hava araçlarında bulunması gereken sıcaklık, basınç gibi ayarlamalar yapan sistemlere gerek olmadığı için üretilen hava aracında yapı ve maliyet açısından azalma sağlanabilir [5,7].

2.3. İHA'ların Sınıflandırılması

İHA'lar sivil ve askeri olarak kullanıldığı alanlara göre ve ağırlık, havada kalış mesafesi, kanat yüklemesi, menzil ve hız gibi performans özelliklerine göre sınıflandırılabilir.

2.3.1. Kullanım alanlarına göre İHA'lar

İnsansız hava araçları görevlerine göre sınıflandırılırken sivil ve askeri olmak üzere 2 ana başlıkta incelenebilir.

2.3.1.1. Askeri İHA sistemleri

Keşif, gözetleme ve istihbarat gibi bilhassa düşman hava sahasında yapılan temel askeri görevlerde günümüze kadar çok sayıda can kayıpları yaşanmıştır. Bu tür görevlerin yerine getirilmesi esnasında insan hayatının tehlikeye atılmaması düşüncesi ve insan yapısını dayanamayacağı kadar uzun süreli görevlerde daha üst düzey bir performans gerekliliği, İHA'ların bu görevlerde kullanılmasını gerekli kılmıştır. Bu sayede insanlı uçaklarla yapılan belirtilen görevler İHA sistemleri ile yerine getirilerek yukarıda bahsi geçen istenmeyen durumlar ortadan kaldırılmış olmaktadır. Bu tür görevlerin yerine getirilmesinde yapılacak olan göreve göre İHA sistemleri gerekli donanımlarla

(uydu iletişimi, haberleşme, veri güvenliği, kendini koruma vb.) donatılmaktadırlar [8].

İHA Sistemleri gelişim tarihçesinde yer alan ilk olgunlaşmış uygulamalar, belli bir hedefe doğrultulmuş mühimmat şeklinde tek kullanımlık uygulamalar, radarlarda gözlemlenen insanlı uçakların izini taklit eden sahte uçak uygulamaları, hava savunma atış eğitimlerinde kullanılmak üzere hedef uçak uygulamaları şeklindedir. Bu temel uygulamaların ardından İHA üreticileri daha özel amaçlı uygulamaları gerçekleştirebilecek İHA sistemleri meydana getirmişlerdir. Bunlar arasında, biyolojik/kimyasal/radyoaktif türü tehdit unsurlarının tespiti, mayın arama, güvenlik koridoru açma vb. kullanım alanları ön planda sayılabilir [8]. Çizelge 2.1’de İHA sistemlerinin askeri kullanım alanları görülmektedir.

Çizelge 2.1. İHA Sistemlerinin askeri kullanım alanları [8]

Keşif /Gözetleme Desteği	Saldırı	Elektronik Savaş	Hedef Benzetimi	Özel Görevler
Taktik Saha Keşif/Gözetleme	İç Güvenlik	Hedef Uçak	Sinyal İstihbaratı	Haberleşme Desteği
Stratejik Keşif/Gözetleme	Yakın Hava Desteği	Sahte Uçak	Radar Elektronik Harp	Mayın/Patlayıcı Tespit
	Hava Savunma Sistemlerinin İmhası		Muhabere Elektronik Harp	Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif, Nükleer Tespit
	Hava Sahası Savunma		Önleyici Elektronik Harp	Kentsel Harp
				Çoklu İHA Görevi - Kol uçuşu ya da geniş alan gözetlemesi
				Deniz Karakol/Denizaltı Savunma Harbi
				Kargo Taşıma
				Arama-Kurtarma/Lojistik

2.3.1.2. Sivil İHA sistemleri

Sivil İHA sistemlerinin uygulama alanları, askerî uygulamalarda kullanılan İHA'lara benzer olarak görüntü toplama üzerine kuruludur (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. İHA sistemlerinin sivil kullanım alanları [9]

Çevresel Kullanım Alanları	Acil Durum Uygulamalar	İzleme Operasyonları
Atmosfer araştırması	Yağ kaçağı gözleme	Deniz devriyesi
Okyanus gözlemleri	Sel izleme	Yüksek voltajlı güç hattı izleme
Kasırğa oluşumu ve araştırması	Kasırğa izlemleri	Balıkçılık izleme
Jeolojik araştırmalar	Afet operasyon yönetimi	Kıyı şeridi izleme
Volkan çalışmaları ve patlama uyarıları	Felaket durum değerlendirmesi	Uluslararası sınır devriyesi,
Hava durumu tahmini	Arama kurtarma	Uyuşturucu trafiği izleme
	Nükleer radyasyon gözleme	Yol trafiği izleme ve kontrolü
	Yangınla mücadele	Kanun uygulamaları
	Deprem gözleme	Orman yangını tespiti
	Volkan gözleme	Ekin ve hasat durumu izleme
		Çevre durumu izleme
		Arazi haritalama

2.3.2. Performans özelliklerine göre İHA'lar

İHA'lar ağırlık, havada kalış mesafesi, kanat yüklemesi, menzil, kanat açıklığı, çıkabileceği maksimum yükseklik ve hız gibi performans özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Performans karakteristiklerine göre İHA'ları sınıflandırmak, İHA tasarımcıları, üreticiler ve müşterilerin ihtiyaçları karşılamaları için kullanışlıdır.

2.3.2.1. Ağırlığa göre sınıflandırma

İHA'lar ağırlık açısından birkaç kilogram gelen mikro İHA'lardan, Şekil 2.1'de görülen 11 ton ağırlığında olan Global Hawk (Tier III) a kadar geniş bir yelpazeye sahiptir [9].



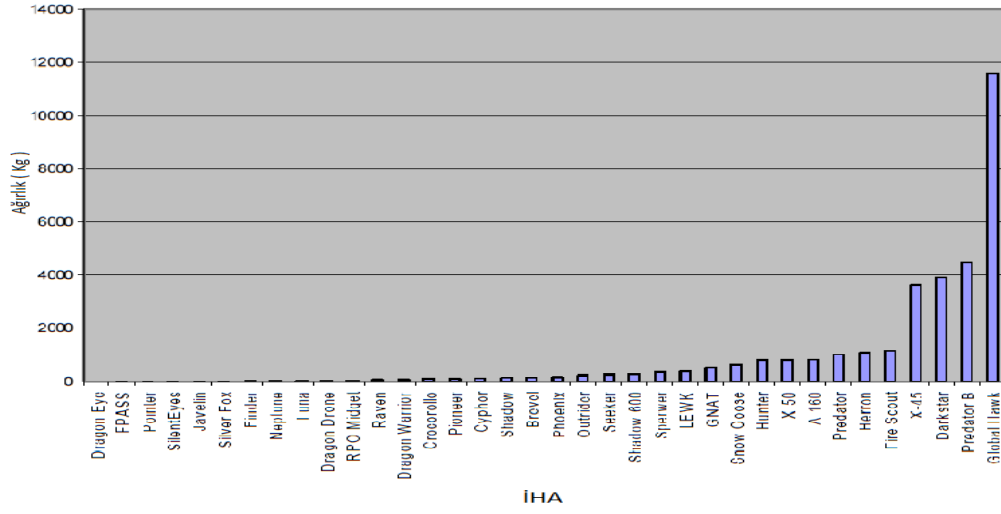
Şekil 2.1. Global Hawk (Tier III) [10]

İHA'ların ağırlıklarının sınıflandırılması yapılırken ağırlık aralıkları göz önüne alınarak 5 şekilde sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. İHA'ların ağırlıklarının sınıflandırılması [9]

Ağırlığa Göre Sınıflandırma		
Kategori	Ağırlık aralığı	İHA
Fazla Ağır	>2000 Kg	Global Hawk
Ağır	200 - 2000 Kg	A - 160
Orta	50 - 200 Kg	Raven
Hafif	5 - 50 Kg	RPO Midget
Mikro	<5 Kg	Dragon Eye

İHA'ların sahip oldukları ağırlıklar Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Buradan da gözlemleneceği üzere sadece birkaç tanesi 2 tonun üzerinde olan İHA'ların birçoğunun oldukça hafif olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 2.2. İHA'ların sahip oldukları ağırlıklar [9]

Kalkış ağırlığı 2000 Kg'ın üzerinde olan İHA'lar fazla ağır kategorisinde yer alır. Bu kategorideki İHA'lardan bazıları şunlardır; X-45, Darkstar, Predator B ve Global Hawk.



Şekil 2.3. DarkStar Tier III Minus [11]

İkinci sınıflandırma olan ağır kategorisinde kalkış ağırlığı 200 – 2000 kg olan İHA'lar yer almaktadır. Bu kategorideki İHA'lar Şekil 2.2.'de belirtilen sınıflandırmada Outrider ile Fire Scout arasındakilerdir.



Şekil 2.4 Outrider [12]

Üçüncü sınıflandırma olan orta ağırlık kategorisinde kalkış ağırlığı 50 – 200 kg olan İHA'lar yer almaktadır. Bu kategorideki İHA'lar Şekil 2.2'de belirtilen sınıflandırmada Raven up ile Phoenix arasındakilerdir.



Şekil 2.5.Raven – up [13]

Dördüncü sınıflandırma olan hafif ağırlık kategorisinde kalkış ağırlığı 5 – 50 kg olan İHA'lar yer almaktadır. Beşinci sınıflandırma olan mikro kategorisinde kalkış ağırlığı 5 kg'a kadar olan İHA'lar yer almaktadır.

2.3.2.2. Havada kalış süresi ve menzile göre sınıflandırma

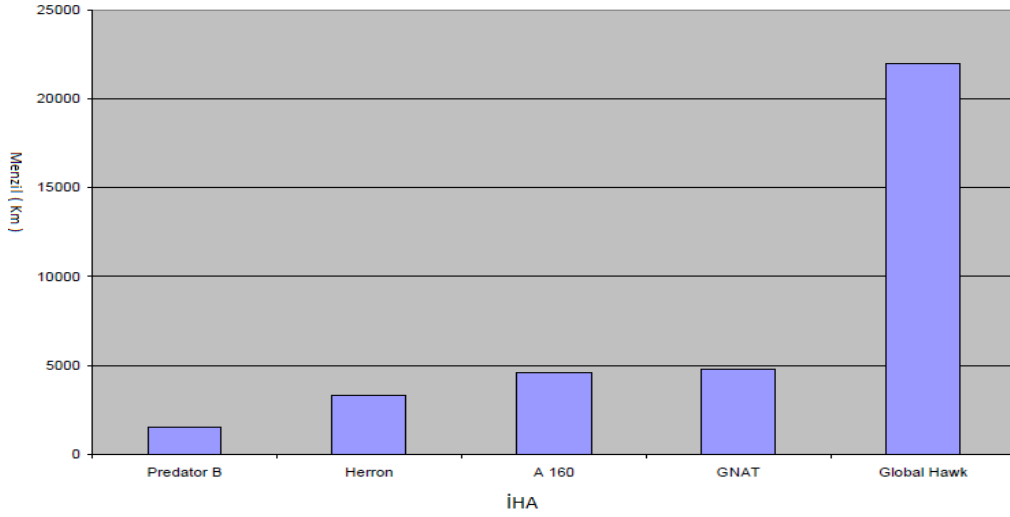
Havada kalış süresi ve menzil İHA'ları sınıflandırırken göz önüne alınması gereken önemli etkenlerdendir. Bu iki parametre genellikle uzun bir İHA operasyonu için birbiriyle alakalıdır. İHA tasarımcıları için İHA türü belirlenirken bu iki parametreyi dikkate almaları önemlidir. Ayrıca bu parametreler sayesinde İHA'nın düzenli olarak yakıt ikmalinin ne kadar yapılacağı ve ne kadar süre görevde kalabileceğini belirlemek mümkün olabilmektedir.

Havada kalış süresi ve menzile göre uzun, orta ve kısa olarak üç çeşit sınıflandırma mümkündür. Çizelge 2.4'de İHA'ların havada kalış süresi ve menzile göre sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 2.4. İHA'ların havada kalış süresi ve menzile göre sınıflandırılması [9]

Havada Kalış Süresi ve Menzil			
Kategori	Havada Kalış Süresi	Menzil	İHA
Uzun	> 24 Saat	> 1500 Km	Predator B
Orta	5 - 24 Saat	100 - 400 Km	Silver Fox
Kısa	< 5 Saat	< 100 Km	Pointer

Uzun mesafe kategorisinde olan İHA'ların havada kalış süresi 24 saatten fazla olup bunlar için menzil değerleri de oldukça yüksektir. Bu değer Global Hawk için 1500 km den 22500 km'ye kadar ulaşabilmektedir. Şekil 2.6.'da yüksek menzil kapasitesine sahip İHA'lar görülmektedir



Şekil 2.6. Yüksek menzil kapasitesine sahip İHA'lar [9]

Orta mesafe kategorisinde olan İHA'ların havada kalış süresi 5 – 24 saat aralığındadır. Bu kategorideki İHA'lar en yaygın kullanılan türlerdir. Bu kategorideki İHA'lardan başlıcaları Shadow 600, Hunter, Outrider, Pioneer ve Predatorlerdir.

Üçüncü kategori olan kısa mesafe kategorisinde olan İHA'ların havada kalış süresi 5 saatten azdır. Bu tür İHA'lar kısa mesafeli askeri amaçlı izleme görevlerinde kullanılır. Şekil 2.7'de kısa mesafe kategorisinde olan Pointer gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Pointer [14]

2.3.2.3. Çıkarılabilen irtifaya göre sınıflandırma

Bazı askeri amaçlı kullanılan İHA'larda irtifa seçimi yapılırken İHA'nın düşman tarafından tespit edilip imha edilememesi için yüksek irtifalarda uçuşu istenirken, sivil amaçlı kullanılan birçok İHA uygulamasında ise İHA'nın alçak irtifalarda uçuşu istenmektedir. İHA'ların sınıflandırılmasında önemli etkenlerden birisi olan çıkarılabilecek irtifanın belirlenmesi sonucu alıcıların ihtiyaç duydukları İHA'yı seçmelerinde kolaylık sağlanmış olacaktır.

İHA'ların çıkabilecekleri irtifalar alçak, normal ve yüksek irtifa olarak üç şekilde sınıflandırılabilir. Çizelge 2.5'de İHA'ların çıkabileceği yüksekliğe göre sınıflandırma verilmiştir.

Çizelge 2.5. İHA'ların çıkabileceği yüksekliğe göre sınıflandırılması [9]

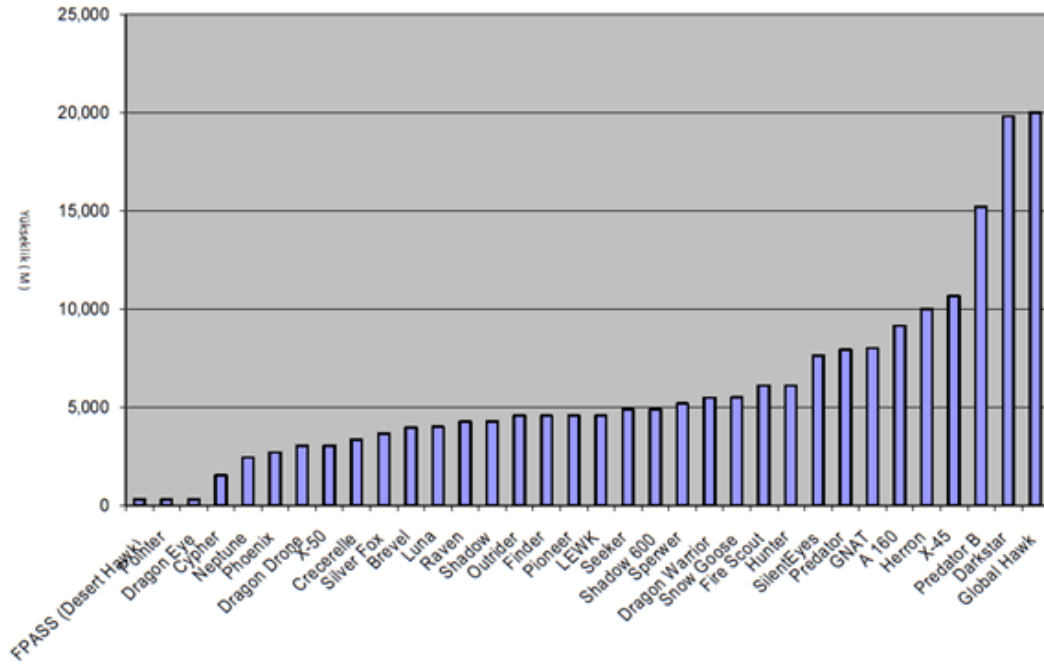
Çıkarılan Yüksekliğe Göre Sınıflandırma		
Kategori	Maksimum Yükseklik	İHA
Alçak	< 1000 m	Pointer
Orta	1000 - 10000 m	Finder
Yüksek	> 10000 m	Darkstar

Alçak mesafe kategorisinde olan İHA'ların çıkabilecekleri maksimum yükseklik 1000 m olup bu kategorideki İHA' lardan başlıcaları FPASS, Pointer and Dragon Eye modelleridir. Bu tür İHA'lar çok fazla kullanım alanına sahip olmayıp genellikle deneysel ve eğitim amaçlı kullanılmaktadırlar.

Orta mesafe kategorisinde olan İHA'ların çıkabilecekleri yükseklik 1000-10000 m aralığında olup günümüzde kullanımı en fazla yaygın olan İHA'lardır. Şekil 2.9'de görüleceği üzere birçok İHA türü bu kategoridedir.

Yüksek mesafe kategorisinde olan İHA'lar 10000 m'den daha yüksek seviyelerde uçan türler olup bu kategorideki İHA'lardan başlıcaları X-45, Predator B, Darkstar ve Global Hawk modelleridir. Bu kategori uçaklarında uçtukları yükseklikler nedeniyle ticari ve askeri uçaklarla aynı hava sahalarını kullanmaları sebebiyle bir kaygı vardır. Fakat günümüz teknolojiyle çarpışma önleme sistemleri üretilip bu tür İHA'lara monte edilerek bu kaygı ortadan kaldırılmıştır.

İHA'lar çıkabilecekleri yükseklik açısından birkaç metre havalanabilen gelen İHA'lardan, 20000 m yüksekliğe çıkabilen İHA'lara kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Şekil 2.8'de İHA'ların çıkabilecekleri maksimum irtifalar verilmiştir.



Şekil 2.8. İHA'ların çıkabilecekleri maksimum irtifalar [9]

2.3.2.4. Kanat yüklemesine göre sınıflandırma

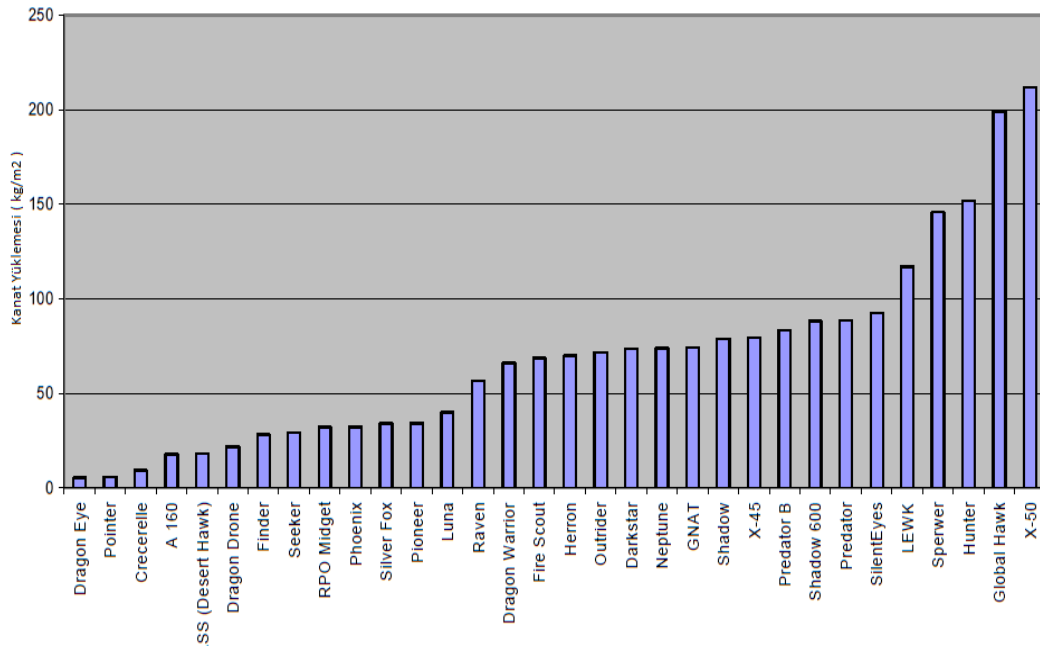
Diğer bir sınıflandırma yöntemi olan kanat yüklemesi İHA'ların sınıflandırılmasında önemli etkenlerden birisidir. Bir İHA için kanat yüklemesi hesabı toplam ağırlığın kanat alanına bölünmesiyle elde edilir. İHA'lar kanat yüklemesi oranları göz önüne alındıklarında Çizelge 2.6'da görüldüğü üzere 3 şekilde sınıflandırılırlar.

Çizelge 2.6. İHA'ların kanat yüklemesine göre sınıflandırılması [9]

Kanat Yüklemesine Göre Sınıflandırma		
Kategori	Kanat Yüklemesi (kg/m^2)	İHA
Düşük	< 50	Seeker
Orta	50 - 100	X - 45
Yüksek	> 100	Global Hawk

Kanat yüklemesi 100 kg/m^2 üzeri olan İHA'lar yüksek yükleme kategorisinde olup en önemli örnek Global Hawk'dır. Kanat yüklemesi $50 - 100 \text{ kg/m}^2$ aralığında olan İHA'lar orta yükleme kategorisinde olup en önemli örnek X-45 türü İHA dır. Kanat yüklemesi 50 kg/m^2 den az olan İHA'lar düşük yükleme kategorisinde olup en önemli örnek Seeker'dır.

Kanat yükleme aralığı, kanat yükleme değeri 5.34 kg/m^2 olan small Dragon Eye ile kanat yükleme değeri 211.84 kg/m^2 olan X-50 arasındadır. Şekil 2.9'da İHA'ların kanat yüklemesine göre sınıflandırılması görülmektedir.



Şekil 2.9. Kanat yüklemelerine göre İHA'lar [9]

2.3.2.5. Motor tipine göre sınıflandırma

İHA'lar birçok değişik görevlerde kullanılırlar ve bu görevleri yerine getirebilmek için kullanıldığı alana göre değişik motor tiplerine ihtiyaç duymaktadırlar. Çizelge 2.7'de kullanılan motor tipine göre İHA'ların tablosu verilmektedir.

İki zamanlı, Turbofan, Turboprop, Pistonlu, Elektrikli ve Pervaneli tipler İHA'larda kullanılan değişik tiplerdeki motorlardır. Pistonlu ve elektrikli tip motorlar en yaygın olarak kullanılan türlerdir. İHA'larda da insanlı uçaklardaki gibi uçak boyutları ve ağırlıklarıyla orantılı olarak motor boyutları ve çeşitleri de

değişkenlik göstermektedir. Elektrikli motorlar genelde hafif ve küçük modellerde kullanılırken, pistonlu motorlar ağır ve büyük modellerde kullanılırlar [9].

Çizelge 2.7.Kullanılan motor tipine göre İHA'lar [9]

Motor Tiplerine Göre İHA Örnekleri					
İki Zamanlı	Turbofan	Turboprop	Piston	Elektrikli	Pervaneli
Pioneer	Darkstar	Predator B	Neptune	Dragon Eye	LEWK
RPO Midget	Global Hawk		Dragon Drone	Dragon Warrior	Sperwer
	Phoenix		Finder	Pointer	
	X – 45		A 160	Raven	
	X - 50		GNAT	Luna	
	Fire Scout		Crecerelle	Javelin	
			Seeker		
			Brevel		
			Snow		
			Goose		
			Silver Fox		
			Heron		

3. DEMİRYOLU GÜVENLİĞİ

3.1. Demiryolu Ulaşımı

Günlük yaşantımızın en önemli parçalarından biri olan ulaşım ihtiyacı ülkemizde nüfus yoğunluğu, sanayileşme ve ticaretin gelişmesine paralel olarak artış göstermektedir [1]. Ulaşım hareketliliği hayatımızdaki yeniliklere paralel olarak artarken, yük ve yolcu taşımacılığında toplumsal ve ekonomik gelişmelerden kaynaklanan ihtiyaçları karşılayabilmek için ulaşım türleri çeşitlenmiştir [1,2].



Şekil 3.1 Ulaşım türleri [19]

İnsanların ya da yüklerin madeni bir yol üzerinde araçlar içerisinde yapmış oldukları harekete demiryolu ulaşımı denilmektedir [20]. Demiryolları şehir içi ve şehirlerarası olduğu gibi ülkeler arası yolculuk ve yük taşımacılığı amacı ile de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

3.1.1. Şehir içi demiryolu ulaşımı

Ülkemizde nüfus yoğunluğuna paralel olarak artış gösteren trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde yaşanan trafik sıkışıklığı ve kara araçlarından kaynaklanan hava kirlenmesi etmenlerini azaltmak için kent içi raylı sistemlere önem verilmektedir. Nüfus artışının giderek arttığı şehirlerde ileride oluşabilecek problemler göz önünde bulundurularak raylı sistem inşaatları yapılmaktadır [1]. Günümüzde şehir içi demiryolu ulaşımında kullanılan banliyö trenleri, hafif raylı sistemler, tramvaylar ve metrolar ülkemizin değişik kentlerinde etkin olarak kullanılmaktadır.

3.1.1.1. Banliyö treni

Banliyö trenleri çoğunlukla büyük şehirlerde şehir dışındaki yerleşim alanlarına yüksek yolcu kapasitesi, güvenlik, hız ve konfor sağlayarak yolcu taşımada etkin olarak kullanılırlar. İşletme giderleri ve enerji tüketimi oldukça düşük olan banliyö trenleri durakları arasındaki mesafenin fazla olması nedeniyle şehir içi ulaşımında çekici değildir [21]. Şekil 3.2’de banliyö treninin resmi görülmektedir.



Şekil 3.2. Banliyö treni [22]

3.1.1.2. Tramvay

Tramvaylar, şehir içi ulaşım araçlarının kullanmış oldukları kara yolları üzerinde döşenen yollarda elektrik enerjisiyle çalışan, bir sürücü tarafından kullanılan, banliyö trenlerinin aksine inip binmelerin kolayca yapıldığı alçak zeminli raylı toplu taşıma sistemidir. Kent içerisinde yaklaşık her 300 – 500 metre aralıklarında durakları mevcut olup çevre kirliliği ve enerji tasarrufu açısından avantajlıdır [1]. Şekil 3.3’de tramvayın resmi görülmektedir.



Şekil 3.3. Tramvay [23]

3.1.1.3. Metro

Kapasite olarak yüksek yolcu taşıma sayısına sahip olan, günümüzde nüfus yoğunluğunun fazla olduğu birçok kentte hizmet veren raylı toplu taşıma sistemidir. Kent içi raylı toplu taşıma sistemi olan metrolar tek yönde saatte yaklaşık 60.000 - 70.000 yolcu taşıyabilecek kapasitededirler. İhtiyaç duyduğu enerjiyi kataner veya 3.ray hattından alan metrolar sinyalizasyon sistemine tabi olarak hizmet vermektedirler. Ortalama hızı 70-90 km/sa olan metroların istasyonları büyük çoğunlukla yer altında bulunmaktadır [1,20]. Şekil 3.4’de metro görülmektedir.



Şekil 3.4. Metro [24]

3.1.2. Şehir dışı demiryolu ulaşımı

Toplu taşıma sistemlerinin birbirlerine göre karşılaştırmaları ekonomik, teknolojik ve çevresel özellikleri dikkate alınarak yapılır. Toplu taşıma sistemlerine ekonomik özellikleri açısından bakıldığında enerji, zaman ve maliyetleri açısından daha fazla tasarruf sağlayan araçlar tercih edilmektedir. Bu açıdan demiryolları yolcu ve yük taşımacılığında diğer sistemlerle karşılaştırıldığında enerji tüketiminin daha az olduğu görülmektedir [2].

3.1.2.1. Tren

En eski ulaşım araçlarından biri olan trenlerin kullanımına neredeyse tüm dünyada devam edilmektedir. Tren ülkemizde de hem insan hem de yük taşımacılığında yaygın olarak kullanılmaktadır. Zaman açısından bir karşılaştırma yapıldığı zaman demiryolu ulaşımının diğer toplu taşıma sistemlerine kıyasla daha yavaş olduğu bilinmektedir [25]. Bu sebeple trenler yerlerini hızlı trenlere bırakmaktadır. Şekil 3.5’ de tren görülmektedir.



Şekil 3.5. Tren [23]

3.1.2.2. Hızlı tren

Normal trenlere göre daha hızlı hareket kabiliyetine sahip olan ve daha hızlı bir yolculuk yapma olanağı sağlayan bir demiryolu aracıdır. Demiryolu ulaşımının diğer toplu ulaşım türlerine kıyasla daha yavaş olmasından dolayı demiryollarına olan talebi azalmasının hızlı trenlerin gelişmesiyle ortadan kalktığı söylenebilir. Şekil 3.6’da Türkiye’nin ilk hızlı treni olan Ankara-Eskişehir hattına

kurulan ve yaklaşık 250 km bir mesafeyi 1 saat 30 dakikada kateden [23] hızlı tren görülmektedir.



Şekil 3.6. Ankara –Eskişehir seferini yapan hızlı tren [20]

3.2. Üstyapı Bilgisi

Demiryolu araçlarının hareketlerini sağlamak amacıyla, yolcu emniyeti ve konforu kapsamında belirli kıstaslar temel alınarak inşa edilen demiryolu araçlarının yol ile temasının gerçekleştiği yol bölümüne “üstyapı” denir [28].

Üstyapıyı oluşturan elemanlar şunlardır:

- Raylar
- Traversler
- Balast
- Makas

3.2.1. Ray

Demiryolu araçlarının hareket etmesine olanak tanıyan ve demiryolu araçlarının dingillerden gelen kuvvetleri traverslere aktaran dökme çelikten yapılan üstyapı malzemesine ray denir [28]. Şekil 3.7’ de görüldüğü üzere raylar mantar, gövde ve taban olarak 3 bölümden oluşur.



Şekil 3.7. Rayın bölümleri [28]

3.2.2. Traversler

Ahşap, demir ve beton başta olmak üzere farklı malzemelerden imal edilen, rayların altına dik bir şekilde belirli aralıklarla konan üstyapı malzemesine travers denir [28].



Şekil 3.8. B 70 Tipi Beton Traversler [28]

3.2.3. Balast

Sert ve sağlam taşlardan 30 ila 60 mm ebadında kırılarak platformun üstüne serilen, keskin köşeli ve keskin kenarlı kübik şekilli malzemeye balast denir.

Balastın görevleri Őu Şekildedir [28]:

- Traverslere binen yūkleri homojen olarak platform ūzerine yaymak
- Traverslerin yerinde kalmasını sağlamak
- Yolda istenilen esnekliğin oluŐmasını sağlamak
- Yolu ekseninde tutmak
- Yolda ot oluŐmasını engellemek
- Yaęmur sularını sūzerek platformun ūzerinde kalmasını engellemek
- Platformda oluşabilecek don riskini ortadan kaldırmak
- Traverslerin toprakla temasından oluŐabilecek çūrūmeleri ūnlemek



Şekil 3.9. Balast inşaatı [29]

3.2.3. Makas

Demiryolu ulaŐımında araçların yol deęiŐiklięini gerçekteŐtirebilmelerini saęlayan, sabit ve hareketli parçalardan oluŐan sisteme makas denir. Demiryolu araçlarının bir yoldan dięer yola geçiŐi yollar ūzerine dūŐenen makaslar vasıtasıyla olur [28].



Şekil 3.10. Makaslar [23]

3.3. Koruyucu Bakım

Sistematik bakımlar olarak bilinen koruyucu bakımlar bir program dâhilinde yapılırlar. Belli aralıklarla yapılan bakımların bir program dâhilinde yapılmasına Periyodik Bakım denilmektedir. Yapılacak olan işe göre aşağıdaki periyotlarda bakım yapılabilir;

- Haftalık yapılan kontroller
- On beş günde bir yapılan kontroller
- Aylık yapılan kontroller
- 3 Aylık yapılan kontroller
- 6 Aylık yapılan kontroller
- Yıllık yapılan kontroller

Bu aralıklar bakımı yapılan hattın işletmede kaldığı süresi boyunca geçmiş raporlara göre düzenlenmektedir [1].

3.3.1. Hattın makinist tarafından kontrolü

Hattın makinist tarafından kontrolü görsel bir kontrol olup, tren seferini yaparken makinist tarafından sürücü kabininden yapılır.

Bu kontroller esnasında [1]:

- Ray hattında oluşabilecek geometrik bozukluklar,
- Raylarda oluşabilecek kıvrılmalar,
- Ray kaynaklarının olduğu bölgelerde oluşabilecek vuruntular,
- Tünellerin içerisinde oluşabilecek sızıntılar,
- Tren hattının emniyeti açısından tehlike oluşturabilecek gabari sınırlarına giren cisimler tespit edilir.



Şekil 3.11. Hattın makinist tarafından kontrolü [26]

3.3.2. Hattın ve 3.rayın görsel kontrolü

Birbirleri ile ilişkili olan kontroller nedeniyle makinist tarafından yapılan kontroller esnasında gözlemlenen anormalliklerin doğruluğunun etkin bir şekilde tespit edilip kısa sürede uygun bir onarımın yapılabilmesi için ray hattının üzerinde yürüyerek yapılan kontrollerle hat geometrisi ile alakalı kusurlar görsel olarak muayene edilir [27]. Bu kontrollerin amacı Bölüm 3.3.1.'de verilmiş olunan bozuklukların tespit edilmesi ve bu bozuklukların giderilmesi için gerekli olan düzeltici bakım çalışmalarının başlatılması için ray hattının ve ekipmanlarının yol kontrol memurları tarafından kontrol edilmesidir.

3.4. Yol Kontrol Memuru

Yol trafiği ve teknik yönden tanımı verilen yol ve geçit kontrol memurunun tanımı şu şekildedir [27]:

“ Kontrol ve koruması kendisine teslim edilmiş yol takımı ile bölgesi içinde trenlerin seyrüseferini tehlikeye düşürecek engelleri süratle kaldırmak veya haber vermek suretiyle seyrüsefer emniyetini sağlamak

Sorumlu olduğu mıntıkadaki yolun malzeme durumunu, cinsini ve bağlantı şeklini tanımak; Yolda ray kırılmasına karşı geçici tamirini yapmak üzere yedek takoz ve mengenenin yerini ve kullanma şeklini bilmek

Her türlü yedek yol malzemesinin (ray, travers, küçük yol malzemesi, taş, köprü malzemesi, seferi malzemenin vs.) yerini ve miktarını bilmek; Yol

malzemelerinin ebatlarını, kullanılabileceği yerleri ve listesini bilmek ile görevli memur”

Yol kontrol memuru kendi sorumlu olduğu 8-10 km uzunluğundaki demiryolunun kontrolünden sorumludur. Bu kontrollerde aşağıda belirtilen görsel tespitlere dikkat edilmelidir [27]:

- Rayların görsel kontrolü
- Traverslerin görsel kontrolü
- Kaynakların görsel kontrolü
- Ray bağlantı elemanlarının görsel kontrolü
- Hat geometrisinin görsel kontrolü
- Makasların Görsel Kontrolü

3.4.1. Rayların görsel kontrolü

Yol kontrol memuru rayların görsel kontrolünü yaparken aşağıda belirtilen maddelerin kontrolünü yapar.

- Rayın kırık olup olmadığının kontrolü;

Rayın herhangi bir yerinde uzun veya kısa zamanda kırılmaya yol açabilecek şekilde malzemedeki süreksizlikler ister gözle görülsün ister görülmesin çatlak kabul edilir. Rayda çatlak görülürse ray kırık demektir, derhal değiştirilmesi gerekir [27].



Şekil 3.12. Kırık ray [17]

- Ray yüzeyinde oluşabilecek kabuklanma kontrolü :

Hareket yüzeyinde düzensiz ve siyah renkli boyuna kabarmalar ve deformasyonlar ve sonrasında ise kırılmalar kabuklanma olarak isimlendirilir [28].



Şekil 3.13. Ray üzerinde oluşan kabuklanma [27]

- Rayda oluşabilecek ezilme kontrolü:

Tekerleklerle rayların temas yüzeylerinde düşey ve yatay olarak aşınmalar meydana gelmektedir. Meydana gelen aşınma şekilleri dikkate alınarak belirlenen aralık dışına çıkmış olan aşınmış bölge değiştirilir veya aşınmış rayların bulunduğu yol kesimlerine seyir kısıtlaması konulur.



Şekil 3.14. Ray üzerinde oluşan ezilme [27]

3.4.2. Traverslerin görsel kontrolü

Yere enine bir şekilde yerleştirilmiş ve üzerine rayların yerleştirildiği demir veya ağaç parçaların her birine travers denir. Yol kontrol memuru traverslerin görsel kontrolünü yaparken traverslerdeki kırıkların kontrolünü ve

kırılan bölgelerde donatının görünüp görünmediğini kontrolünü yapar [28].(Şekil 3.15.)



a)



b)

Şekil 3.15. Görsel kontrolde karşılaşılan bozukluklar a) Kırık travers b) Kırık travers bölgesinde donatının durumu [30]

3.4.3. Ray kaynaklarının görsel kontrolü

Yol kontrol memuru kaynak noktalarının görsel kontrolünü yaparken kırık, kılcal çatlak, çökme gibi belirtileri kontrol eder.



Şekil 3.16. Kırık kaynak noktası [31]

3.4.4. Ray bağlantı elemanlarının görsel kontrolü

Yol kontrol memuru ray bağlantı elemanlarının görsel kontrolünü yaparken bağlantı elemanlarının sağlamlığının kontrolünü ve rayı bağlayan vidaların eksik olup olmadığına bakar.



Şekil 3.17. Eksik bağlantı vidaları [31]

3.4.5. Hat geometrisinin görsel kontrolü

Raylar kışın soğuğa yazın sıcağa maruz kaldığı için fiziksel yapılarında bazı değişimler meydana gelebilir. Yol kontrol memuru hat geometrisinin görsel kontrolünü yaparken hatlarda oluşabilecek yanal veya düşey bozuklukların olup olmadığına bakar.



Şekil 3.18. Raylarda oluşan fiziksel değişimler [23]

3.4.6. Makasların görsel kontrolü

Makaslarda, geçiş yönüne göre işletme raylarından birine yaslanarak araçların bir yoldan diğer yola geçişlerine kılavuzluk yapan hareketli parçayı ve makas ile yaslanma rayı arasında yabancı madde olup olmadığının kontrolü yapılır [28].

3.5. İHA'ların Demiryolu Güvenliğinde Kullanımı

Demiryolu ulaşımının ekonomik ve hızlı olmasının yanında güvenli olması da önemlidir. Demiryolu güvenliği için geliştirilen sinyalizasyon ve elektrifikasyona yönelik çalışmalar, özellikle gözlemsel yöntemlerle gerçekleştirilen kontrollerde belirlenebilecek arızaların bulunmasında etkili değildir. Bu nedenle gözlemsel kontroller yol bekçileri tarafından kendilerine tahsis edilen bölgelerde günlük olarak yapılmaktadır. Yol kontrol memurlarının karşılaştıkları zor durumlar, olumsuz hava koşullarının olduğu zamanlar ve insanlar tarafından ulaşılması güç olan konumlar göz önüne alındığında her gün yaklaşık 10 km lik bir yolu yürüyerek kontrol etmenin birçok dezavantajının olduğu gözlemlenmektedir.

İHA'lar farklı sivil amaçlarla kullanılmış, ancak bu güne kadar demiryolu güvenliği kontrolü çalışmalarında test edilmemiştir. İHA'lar özellikle insanlar tarafından ulaşılması güç olan yerlerde bu rolü üstlenebileceklerdir. Bu sebeple İHA'lar ülkemizde süregelen demiryolu güvenliği çalışmalarında önemli bir role sahip olacaklardır. Bu çalışmada, ülkemizde hâlihazırda devam eden demiryolu güvenliği kontrolü çalışmalarında kullanılmak üzere sivil amaçlı bir İHA geliştirilmiştir.

Geliştirilen İHA, demiryolu güvenliği kontrolü çalışmasında belirlenen bölgede test uçuşunu gerçekleştirmiş olup ardından bu bölgede geleneksel yöntemlerle gözlem yapan uzmanlar eşliğinde aynı alan kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında İHA ile yapılan kontrollerdeki görüntülerden elde edilen sonuçlar, geleneksel yöntemlerle yapılan kontrollerde istenilen bulguların büyük oranda tespit edileceğini göstermiştir. İHA'nın demiryolundaki yol bozuklukları, karşılaşılabilecek sabotaj durumları, köprü, tünel ve istinat duvarlarının durumu hakkında anlık video görüntüleri ile bilgi verebileceği ve bu

görüntülerin İHA üzerinde bulunan bir harici belleğe kayıt edilmesi online olarak ve daha sonrada bu görüntülerin izlenmesine olanak tanımaktadır. Sonuç ve öneriler kısmında deneme uçuşları sonucunda elde edilen verilerin demiryollarının geleneksel yöntemlerle yapılan güvenlik kontrolleriyle kıyaslamalı olarak analizi verilmiştir.

Aşağıda İHA kullanılarak yapılan tren yolu güvenliği çalışmalarının, geleneksel yöntemlerle yapılan güvenlik kontrollerine göre avantajları verilmektedir:

- Bu çalışmada kullanılan İHA üzerinde bulunan video göndericisi ve bir harici bellek sayesinde alınan görüntülerin kayıt edilmesi ve online olarak yer kontrol istasyonundan izlenmesine olanak tanınmaktadır. Bu şekilde normal yöntemle yapılan kontrollerde gözden kaçabilecek detayların yakalanabilmesi mümkündür.
- İHA'lar özellikle insanlar tarafından ulaşılması güç olan yerlerde bu rolü üstlenebileceklerdir.
- Klasik yöntemlerde yol güvenliği kontrolünü yapan yol kontrol memuru sadece 10 km lik bir alanı kontrol edebilirken, bu işlemi gerçekleştirecek olan İHA üzerine yerleştirilen görüntü göndericinin sahip olacağı özelliğe göre yüksek mesafelere görüntü gönderimi sağlanabilecektir.
- Engebeli, bozuk ve dağlık arazilerde yapılacak olan yol kontrollerinde görev alacak olan personelin karşılaşacağı zorluklar İHA tarafından yapılan kontrollerde ortadan kalkmış olacaktır.
- Tren yolu güvenliğini tehlikeye sokacak sabotaj durumları göz önüne alındığında bu konuyla alakalı herhangi bir ihbar alınması durumunda hızlı bir şekilde alınan ihbarın değerlendirilmesi yapılabilecektir.
- Yol bakımı yapılan bölgeye lojistik malzeme ihtiyacı olması durumunda istenilen noktaya İHA'nın taşıyabileceği ağırlık doğrultusunda malzeme taşınması yapılabilecektir.
- Tren yollarında oluşabilecek anlık doğa olaylarından kaynaklanan yol kapanmaları tren seferlerinde gecikmelere sebep olmaktadır. Bu konuda risk teşkil eden bölgelerin İHA'lar tarafından sıkça kontrol edilmesiyle herhangi

bir problem olması durumunda önceden önlem alınmasına olanak tanınmaktadır.

- Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Genel Müdürlüğü tarafından istihdam edilen yol bekçilerinin maliyetine nazaran İHA platformunun maliyetinin çok daha az olması maliyet açısından önemli bir getiri sağlayacaktır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Yöntem

Bu çalışmada demiryolu güvenliği çalışmasında İHA'nın kullanımının etkinliğinin araştırılması, modifiye edilmiş 4 motorlu bir helikopter modeli platform olarak kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Demiryolu güvenliği çalışmasında kullanılan İHA sistemi, hava platformu ve yer kontrol istasyonundan (YKİ) oluşmaktadır. Model motorlarından aldığı yeterli itki sayesinde elektrik – elektronik (aviyonik) sistem ve parçalar için yeterli miktarda taşıma kuvvetine sahiptir.

Erzincan Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Havacılık Kulübü Laboratuvarında montajı gerçekleştirilen model uçağın ilk test uçuşu, TCDD 4.Bölge Müdürlüğü'nden gerekli iznin alınmasının ardından 21 Mayıs 2011 tarihinde, Erzincan – Erzurum tren yolunun 0-15 km leri arasında yapılmıştır. Test uçuşları 8 Haziran 2013 tarihine kadar geçen süreçte sürekli devam etmiş olup ve son uçuş 8 Haziran 2013 tarihinde İstanbul Haydarpaşa garında farklı uçuş seviyelerinde gerçekleştirilmiştir.

4.2. İnsansız Hava Aracı (İHA)

4.2.1. İHA Hava Platformu

Döner kanatlı 4 motorlu (quadrotor) mini helikopter, hava platformu olarak kullanılmıştır. Kullanılan model, kamera, video verici ve standart radyo vericisi gibi aviyonik sistemler ve kamera sistemlerinin montajı için uygun yere sahiptir. Şekil 4.1'de hava platformu olarak kullanılan İHA görülmektedir.



Şekil 4.1. İHA platformu

4.2.2. Kullanılan modelin özellikleri

Kullanılan model Çizelge 4.1’de gösterilen teknik özelliklerin pozisyon ve yükseklik sabitleme, akıllı yön kontrolü, emniyet, otomatik geri dönüş ve iniş, düşük gerilim (voltaj) koruması, LED uyarı sistemi, kamera çerçevesi gibi kullanımını kolaylaştırıcı özelliklere sahiptir.

Çizelge 4.1. DJI PHANTOM modeline ait teknik özellikler [32]

Parametre	Aralığı
Çalışma frekansı	2.4 GHz
Çalışma Sıcaklığı	50°C / -10°C
Güç Tüketimi	3.12 W
Çalışma Voltajı/Akımı	6V/52 ma
Uçuş Hassasiyeti (GPS modlu)	Dikey $\pm 0,8$ m. Yatay ± 2.5 m
Mak. Yaw açısal hızı	200°/s
Mak. Tilt açısı	45°
Mak. Çıkış/İniş (Düşey) hızı	± 6 m/s
Maksimum Uçuş Hızı	10 m/s
Ağırlık	670 g
Ağırlık(Pilli)	800 g

4.2.2.1. Pozisyon ve yükseklik sabitleme

Modelin üzerinde bulunan otopilot sistemi ve Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System, GPS) modülü eklentisi ile GPS Pozisyon Sabitleme ve İrtifa Sabitleme modları vardır [32]. Bu özellik sayesinde güvenlik kontrolü yapılacak olan parkurun konum bilgileri girilerek o parkurun üzerinde ve istenilen yükseklik seviyesinde otomatik olarak kontrolü gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.2’de kumanda üzerinde bulunan pozisyon ve yükseklik sabitleme anahtarı ve konumları gösterilmektedir.



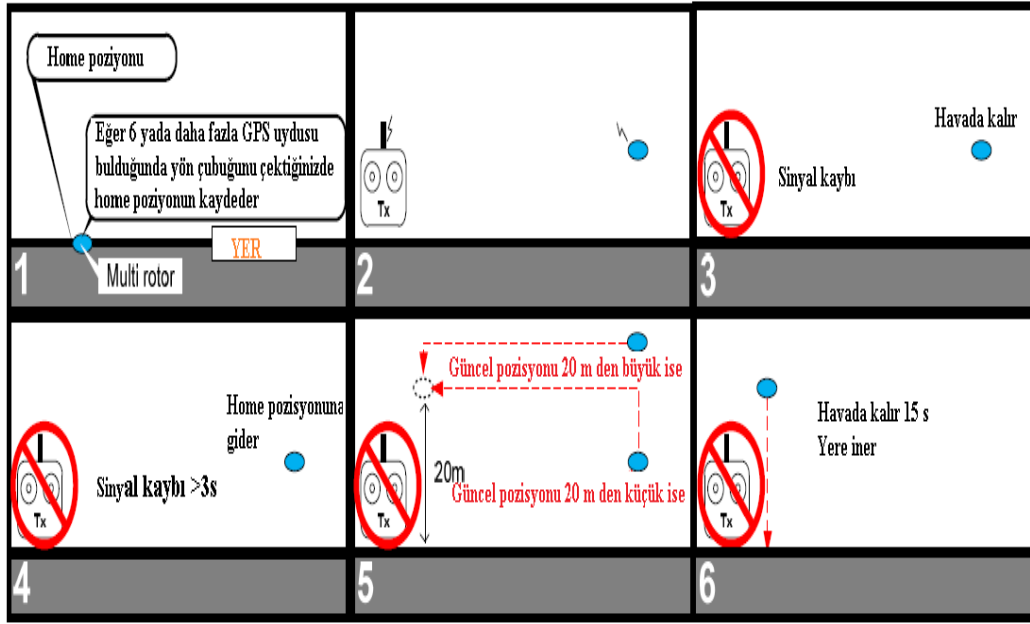
Şekil 4.2. Kumanda üzerinde bulunan pozisyon ve yükseklik sabitleme anahtarları ve konumları [32]

4.2.2.2. Akıllı yön kontrolü

Çok rotorlu modellerde genellikle modelin ön tarafı ileri hareket yönü ile aynıdır. Böyle bir modelde uçuş esnasında modelin arka tarafı uçuş yönüne gelmesi durumunda modele verilen ileri – geri , sağ – sol kumandaları değişkenlik gösterecektir. Bu özellik sayesinde cihazınızın önü hangi yöne bakarsa baksın ileri geri sağa sola yönleri sabit kalacaktır. Bu sayede model kullanıcıya kullanım aşamasında çok ciddi kolaylıklar sağlamaktadır.

4.2.2.3. Otomatik geri dönüş ve iniş

Modelin otopilot sistemi sayesinde emniyet fonksiyonları vardır. Model kalkış yapmadan önce 8 saniye içinde 6 ya da daha fazla GPS uydusu bulur ve kalkış noktasını ilk (home) pozisyon diye kaydeder. Model kumandadan sinyal alamadığı, menzil dışına çıktığı ve kumandanın pilinin bittiği durumlarda GPS modu açıksa ve alınan GPS sinyali yeterli seviyede ise otomatik olarak güvenle ilk konumuna geri döner ve otomatik iniş gerçekleştirir. Şekil 4.3. otomatik geri dönüş ve iniş durumlarını göstermektedir.



Şekil 4.3. Otomatik geri dönüş ve iniş durumları [32]

4.2.2.4. Düşük gerilim (voltaj) koruması

Modelde iki seviyede düşük gerilim koruması vardır. Bu sistem modelin enerjisini sağlayan bataryanın enerjisinin bitmesinden dolayı düşmesini ya da hasar görmesini engeller. Sistem ilk seviye koruma olarak, Şekil 4.4.'de gösterilen modelin ön kısmına monte edilen LED göstergesi uyarı amaçlı olarak kırmızı yanıp söner. İkinci seviye koruma olarak da otomatik iniş gerçekleştirir.



Şekil 4.4. LED göstergesi [32]

4.2.2.5. LED uyarı sistemi

Modelin her kolunda bulunan yüksek parlaklı LED sistemi Şekil 4.5’de görüldüğü üzere gece uçuşlarında cihazın önünü ve arkasını ayırt edebilmek için kullanılan sistem, ayrıca Şekil 4.6’da gösterilen uyarılar için de kullanılmaktadır.



Şekil 4.5. LED uyarı sistemi

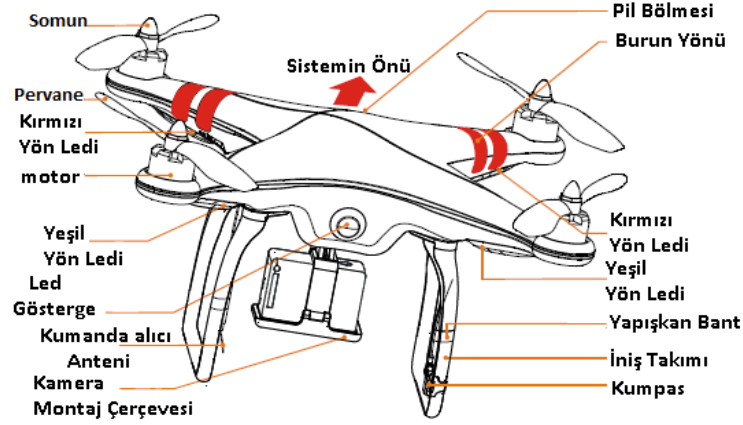
Home(başlangıç) yada baktığı yönü kaydediyor	●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●
Kumanda sinyali kayboldu	●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●
Düşük voltaj/başka hata	●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●
Sistem başladı ve kontrol edildi	●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●
IMU datası normal değil	●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●
Phantom açıldıktan sonra ısınıyor	Control Modu + GPS Uydu sayısı + ●●●●●●●●
IMU Temel kalibrasyona ihtiyacı var/ PHAMTOM çalıştıktan sonra hareket ettiğinde ve motorlar çalışmaya başlamadan önce	Control Modu + GPS Uydu sayısı + ●●●●●●●●

Şekil 4.6. Led uyarılarının anlamları [32]

4.2.3. Elektrik – Elektronik (Aviyonik) sistemler

Model genel olarak bir gövde üzerine motorların ve diğer parçaların yerleştirilmesiyle kolayca oluşturulabilmektedir. Genel olarak fırçasız doğru akım motoru, elektronik hız ve kontrol birimi, mikro denetleyici, algılayıcı birimi ve Üç hücreli 2200 mah’lik batarya olmak üzere 5 ana bileşenden meydana gelen güç ünitesine sahip model Otopilot Sistemi, GPS ve Pusula Modülü, USB arabirimi, LED Göstergesi, 2,4 GHz-6 kanallı kumanda, video verici ve alıcısı, standart

radyo vericisi ve alıcısı ve kameranın üzerine yerleştirildiği model Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7. Sistemlerin ve mekanik parçaların model üzerinde gösterimi [32]

4.2.3.1. Güç ünitesi

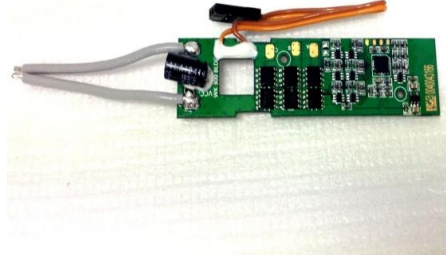
Gerekli itki kuvvetini üretmek için üç hücreli 11.1 V’luk Li-Po batarya ile enerjileri sağlanan ve elektronik hız kontrol devresi (Electronic Speed Controller, ESC) üzerinden çalıştırılan 4 adet fırçasız elektrik motoru kullanılmıştır.

Yüksek verimli, doğrusal moment/hız ilişkisine sahip fırçasız doğru akım motorlarının az bakım gerektirmesi ve tehlikeli ortamlarda kullanılabilir olması nedeniyle tercih edilen motorlar ve kullanılan batarya Şekil 4.8’de görülmektedir [33].



Şekil 4.8. Fırçasız doğru akım motoru ve 3 hücreli batarya

Fırçalı motorların aksine bu tür motorlarda anahtarlama işlemi, elektronik olarak gerçekleştirildiğinden bu işlemin gerçekleştirilmesini sağlayıcı ESC kullanılmaktadır (Şekil 4.9) [33].



Şekil 4.9. Elektronik hız kontrol devreleri (Electronic Speed Controller, ESC)

4.2.3.2. Haberleşme sistemi

Model üzerinde bulunan radyo ve video alıcı ve göndericilerinin birbirleri ile etkileşimlerini engellemek amacıyla farklı frekans aralıkları tercih edilmiştir. 2.4 GHz-6 kanallı radyo alıcısı ve 5.8 GHz video vericisi İHA üzerinde bulunmaktadır. Standart radyo alıcısı modelin iniş takımına monte edilmiştir. Video vericisi ve anteni ise Şekil 4.10'da gösterildiği gibi modelin arka kısmına yerleştirilmiştir.



Şekil 4.10. İHA üzerine yerleştirilmiş video vericisi ve anteni

Yer kontrol istasyonunda, uçağın hareketlerinin kontrolü için kullanılan radyo vericisi Şekil 4.11’de gösterildiği gibi modelin kumandasının ön tarafına ve model üzerine yerleştirilmiş olan kameranın görüntüsünü almak için kullanılan video alıcısı ise monitörün alt kısmına monte edilmiştir.



Şekil 4.11. Kumanda üzerine yerleştirilmiş radyo vericisi anteni

4.2.3.3. Yazılım güncellemesi

Model üzerinde bulunan USB girişi ile model üzerindeki sistemlerin yazılım güncellemesi yapılabilmektedir (Şekil 4.12).

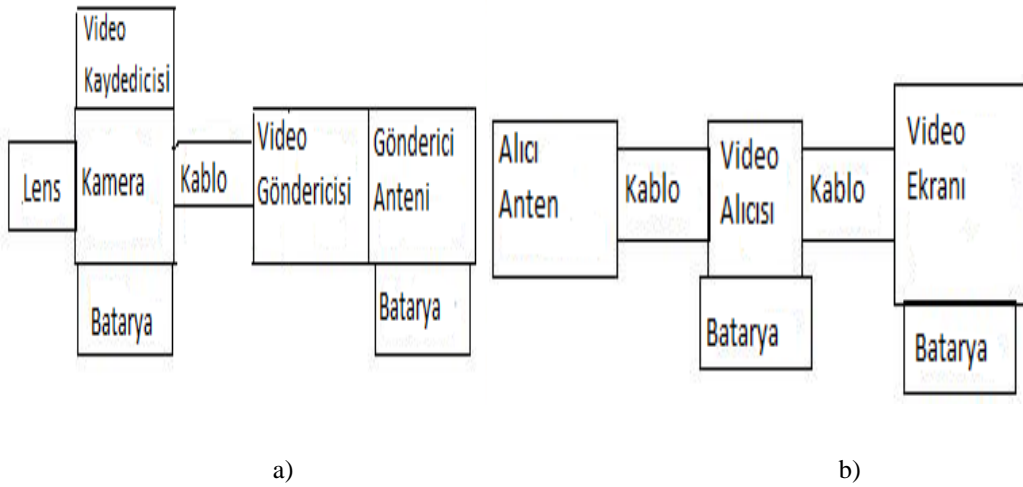


Şekil 4.12. Yazılım güncellemesi için USB girişi

4.3. Eş Zamanlı (On-Line) Görüntü Alma ve Aktarma

Demiryolu güvenliği kontrolü çalışmalarında, bölgede oluşabilecek yol bozuklukları, karşılaşılabilecek sabotaj durumları, toprak kayması gibi doğa olaylarından kaynaklanan aksaklık olasılığı yüksek olan yerlerin kontrolü veya zorlu kış şartlarında risk teşkil eden yolardaki kontrolü yapılmaktadır. Belirtilen bölgelerdeki aksaklıkların tespiti için eş zamanlı görüntü aktarımı sağlayan kamera sistemi geliştirilerek İHA'nın üzerine aerodinamik yapısını bozmadan en uygun şekilde monte edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan İHA üzerinde bulunan video göndericisi ve bir harici bellek sayesinde alınan görüntülerin kayıt edilmesi ve eş zamanlı olarak yer kontrol istasyonundan izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu şekilde normal yöntemle yapılan kontrollerde gözden kaçabilecek detayların yakalanabilmesi mümkündür Şekil 4.13'de görüntü alma ve aktarma işleminin şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 4.13. İHA ile YKİ arasındaki haberleşme sistem şeması a.) İHA üzerinde bulunan sistem
b.) YKİ üzerinde bulunan sistem

Gelinen süreçte İHA ile havadan tren yolu ve yola yakın bölgelerin kontrolü üçüncü bölümde belirtilmiş olan hususlar göz önüne alınarak yapılmıştır. Yapılan kontroller esnasında İHA üzerine monte edilmiş olan kamera ile alınan görüntülerin eş zamanlı olarak yer istasyonuna aktarılması gerçekleştirilmiştir.

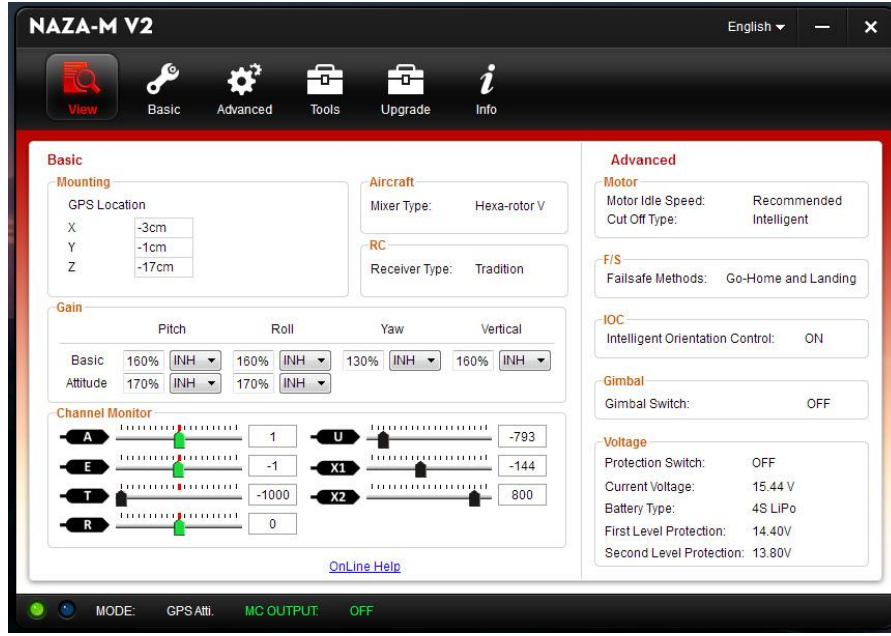
Kontrol esnasında gönderilen eş zamanlı görüntü yer kontrol istasyonunda bulunan ekrandan tren yolu güvenliği konusunda uzman bilirkişiler eşliğinde izlenilmiştir. Alınan görüntülerin geleneksel yöntemlerle yapılan kontrollerle karşılaştırıldığında büyük oranda benzerlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

4.4. Otopilot Sistemi

İHA'nın belirlenen bir parkur içinde istenen bir uçuş durumunda belirlenen bir süre içerisinde tutulması başlıca kontrol problemidir. Bu işlem esnasında sistemin kendi oluşturacağı veya dış ortamdan kaynaklanan bozucu etkilerden dolayı, İHA'nın dinamik durumu kısa bir süre içinde değişebilir. İHA'nın yerden manüel olarak kontrolü esnasında bu tür denge durumundan sapma durumlarında istenen kararlılık ve performans özellikleri oluşamayacaktır [34].

Bir hava aracını, belirlenen koordinatlarda, sürekli olarak yatay şekilde sabit tutmak ve gerekli durum değişimlerinde eski konumuna getirici komutların üretildiği yer olarak tasarlanan seri kontrol mekanizmaları "Otomatik Pilot" ya da "Oto pilot" olarak adlandırılır [35].

Otopilot sistemine yüklenecek yazılımlar sayesinde manüel kullanımın yetersiz kaldığı intikal bölgesine, modelimizin ulaşması, görüntü alma, keşif yapma ve daha istikrarlı uçuşunun sağlanması ve kumanda menziline çıkan uçağın başlangıçta kayıt edilen GPS koordinatlarına geri dönmesinin sağlanması oto pilot sistemi ile gerçekleştirilebilir. Şekil 4.14'de İHA'nın yer kontrol istasyonu tarafından kullanılan NAZA – M V2 yazılımında GPS koordinatlarının giriş ekranı görülmektedir.



Şekil 4.14. GPS konum bilgisi giriş ekranı

4.5. Gece Uçuşu

Günlük yaşantımızın en önemli parçalarından biri olan ulaşım ihtiyacı ülkemizde nüfus yoğunluğu, sanayileşme ve ticaretin gelişmesine paralel olarak artış göstermektedir [10]. Bu büyüme doğrultusunda ulaşım araçları gece gündüz hizmet verme durumundadırlar. Tüm gün boyunca hizmet veren demiryolu araçlarının kullanmış oldukları yolların da aynı doğrultuda kontrol ediliyor olması gerekmektedir.

Tren yolu güvenliğinde kullanılan İHA'lar ile gece uçuşu yapabilmek ve gece görüntü alabilmek için gece görüş kamerası model üzerine takılmış olup Şekil 4.15'de gece görüş kamerasından alınan görüntü verilmektedir.



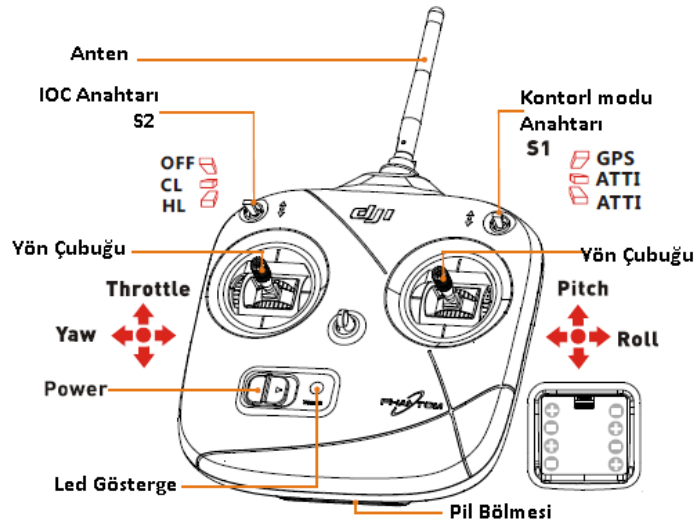
Şekil 4.15. Gece görüş görüntüsü

Modelin yerde gözle görülebilmesi için LED uyarı ışıkları takılarak gece uçuşu için sistem geliştirilmiştir. Şekil 4.5’de değişik renkleri olan LED şerit ışıklar görülmektedir.

4.6. Yer Kontrol İstasyonu

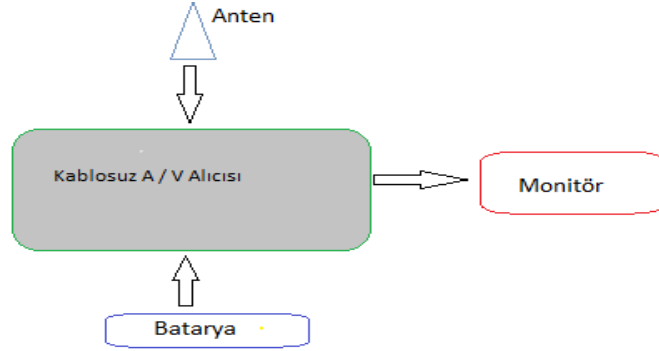
İHA görsel kullanımının yanında uzak mesafelerde kullanımı esnasında İHA üzerinde bulunan kameradan alınan görüntülerin YKİ’deki bir video alıcısıyla alınıp monitöre aktarılmasıyla da kontrol edilmektedir. Bu sistem kullanılarak önceden de bahsedildiği üzere İHA’dan gelen video ve ses bilgilerinin alınarak, uçağı yönlendirme ve tren yolu kontrolünün yapılması ekrandaki görüntüler sayesinde yapılabilmektedir. YKİ, 6 kanallı bir standart verici (kontrol ünitesi), bir izleme ünitesi (monitör) ve bir video alıcısında oluşmaktadır.

YKİ’nin parçalarından biri olan kontrol ünitesi Şekil 4.17’de gösterilen 6 kanallı bir standart verici olup modelin yerden kontrolü bu ünite ile yapılır.



Şekil 4.17. Yer kontrol kumandası ve fonksiyonları [32]

YKİ'nin diğ er bir parçası olan görüntüleme sistemi, ses – video (audio–video, A/V) alıcısı, alıcı anteni, batarya, güç çoklayıcı, monitör, üç ayaklı monitör sehпасı (tripod) ve iletim kablolarından oluşur.



Şekil 4.18. A / V alıcı sistem şeması

12 V DC ile çalışan kablosuz A / V alıcısı anten ile alınan veriyi bir iletim kablosu ile monitöre göndermektedir.



a)



b)



c)



d)

Şekil 4.19. YKİ parçaları a) A / V Alıcı b) Üç ayaklı monitör sehпасı (tripod) ve güç çoklayıcı c) Monitör d) Batarya

4.7. Test Uçuşu

Erzincan Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Havacılık Kulübü Laboratuvarında montajı gerçekleştirilen model uçağın ilk test uçuşu, TCDD 4.Bölge Müdürlüğü'nden gerekli izin alınmasının ardından 21 Mayıs 2011 tarihinde, Erzincan – Erzurum tren yolunun 0-15 km leri arasında yapılmıştır. Test uçuşları 8 Haziran 2013 tarihine kadar geçen süreçte sürekli devam etmiş olup ve son uçuş 8 Haziran 2013 tarihinde İstanbul Haydarpaşa garında farklı uçuş seviyelerinde gerçekleştirilmiş olumlu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.20. Test uçuşu, Haydarpaşa, İstanbul, 8 Haziran 2013.

Test uçuşu, seçilen modelin tren yolu güvenliği çalışmalarında kullanılabilir kararlı yapıya sahip bir model olduğunu göstermiştir. Modelin sağlam olması, dengeli uçuşu, motorların yeterli taşıma kuvveti üretmesi, kolay uçurulması ve bütün sistemler için yeterli iç hacme sahip olması uçağı hava platformu olarak kullanılacağı sonraki adımlara geçilmesini sağlamıştır. Test uçuşu saat 15:00 ile 19:00 arasında 1m, 5m, 10m ve 15m irtifalarda gerçekleştirilmiştir. Test uçuşlarının yapıldığı gün ve saatlerdeki hava durumunu gösteren bilgiler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Test uçuş günündeki hava koşulları

Hava Durumu	Sıcaklık	Rüzgâr Hızı	Rüzgâr Yönü
	21,3 °C	8,2 m/s (10 metre yükseklik)	Kuzeyden

Test uçuşunda iki kişi görev almıştır. Bir kişi uçağı uçurmakta, bir kişi ise uçak irtifası, hızı ile ilgili not almak ve gerekli fotoğraf ve video çekimi işlemini yapmakla görevlidir. Her bir test uçuşunda da, tren raylarının görüntüleri net bir şekilde gözlemlenmiştir. Test sonuçları bir sonraki bölümde açıklanmakta ve sonuç ve öneriler kısmını içermektedir.

5. TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

Geliştirilen İHA, demiryolu güvenliği kontrolü çalışmasında belirlenen bölgede geleneksel yöntemlerle gözlem yapan uzmanlar eşliğinde test edilmiştir. İHA'nın demiryolundaki yol bozuklukları, karşılaşılabilecek sabotaj durumları, köprü, tünel ve istinat duvarlarının durumu hakkında anlık video görüntüleri ile bilgi verebileceği gözlemlenmiştir. Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar, geleneksel yöntemlerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış olup tasarlanan sistemin beklentiler dâhilinde çalıştığı ve halen kullanılan geleneksel yöntem olan görsel kontrole alternatif etkili bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

5.1. Test Uçuşu Sonuçları

Erzincan Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Havacılık Kulübü Laboratuvarında montajı gerçekleştirilen model uçağın ilk test uçuşu, TCDD 4.Bölge Müdürlüğü'nden gerekli izin alınmasının ardından 21 Mayıs 2011 tarihinde, Erzincan – Erzurum tren yolunun 0-15 km leri arasında yapılmıştır. Test uçuşları 8 Haziran 2013 tarihine kadar geçen süreçte sürekli devam etmiş olup ve son uçuş 8 Haziran 2013 tarihinde İstanbul Haydarpaşa garında farklı uçuş seviyelerinde gerçekleştirilmiş

İHA ile tren yolu güvenliği uygulamasına yönelik test uçuşları 8 Haziran 2013 tarihinde İstanbul Haydarpaşa garında Çizelge 5.1'de gösterilen farklı uçuş seviyeleri ve farklı hızlarda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.1. Test uçuşu verileri

Test Uçuşu	Yükseklik (m)	Yer Hızı (km/Sa)	Yapılan kontrolün saptanması (Adet)
1	1	10	12
2	5	10	12
3	10	10	11
4	15	10	10
5	1	15	11
6	5	15	11
7	10	15	10
8	15	15	9

5.1.1. Yapılan kontrolün saptanması

İHA ile yapılan kontrollerde alınan anlık video görüntülerinin çevrimiçi (online) olarak yer kontrol istasyonuna iletilmesi ile rutin kontrollerde gözlemlenen görsel tespitlerin karşılaştırılması Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2.Video görüntülerinin kontrol listesi ile karşılaştırılması

Kontrol Listesi	Kontrol Türü				
	Demiryolu hat kontrol uzmanının görsel olarak yapmış olduğu kontroller	Demiryolu hat kontrol uzmanının İHA’nın kamera görüntülerinden gerçekleştirebildiği kontroller			
		Test Uçuşu 1 (1 m)	Test Uçuşu 2 (5 m)	Test Uçuşu 3 (10 m)	Test Uçuşu 4 (15 m)
Raylarda meydana gelebilecek kırıklar	✓	✓	✓	✓	✓
Ray bağlantı malzemelerinin kontrolü	✓	✓	✓	✓	✓
Ray yüzeyinde oluşan kabuklanma	✓	✓	✓	X	X
Patinajdan dolayı oluşabilecek oyulmalar (Apleti)	✓	✓	X	X	X
Ray kaynaklarının kontrolü	✓	✓	✓	✓	✓
Ray bağlantı elemanlarının sağlamlığı	✓	X	X	X	X
Traverslerin durumu	✓	✓	✓	✓	✓
Makasların kontrolü	✓	✓	✓	✓	✓
Raylarda sıcaktan dolayı olabilecek fiziksel değişiklikler	✓	✓	✓	✓	✓
Bariyerli geçitlerin kontrolü	✓	✓	✓	✓	✓
Doğal olaylardan (kar, sel, heyelan vb.) kaynaklanan aksaklıklar	✓	✓	✓	✓	✓
Sanat yapılarının sağlamlığı	✓	✓	✓	✓	✓
Demiryolunun korunması konusunda, demiryolu üzerinde gezmeye yetkili olmayan kişilerin kontrolü	✓	✓	✓	✓	✓

5.1.2. Model hızı ve yükseklik

Modelin uçuş yüksekliği ile yapılacak olan kontrolün arasında ters orantı bulunmaktadır. Modelin yüksekliği ne kadar azalır ise yapılan kontrolün saptanma olasılığında artma meydana gelmektedir. Benzer şekilde, modelin hızı ne kadar azalır ise, yine yapılan kontrolün saptanma olasılığında artma meydana gelmektedir. Modelin düşük hız ve alçak irtifada uçması yapılan kontrolün saptanmasında daha iyi sonuçlar sağlarken, daha yüksek hız ve yüksek irtifada uçması yapılan kontrolün saptanmasında daha kötü sonuçlar vermektedir.

Çizelge 5.3. Test uçuşlarında modelin yükseklik ve hız bilgileri

Test Uçuşu	Yükseklik	Hız
	(m)	(km/sa)
1	1	10
2	5	10
3	10	10
4	15	10
5	1	15
6	5	15
7	10	15
8	15	15

5.1.3. Kontrol edilen alan genişliği

Modelin kontrol edebileceği alanın mesafesi, gerekli itki gücünü üretmek için kullanılan batarya ömrü ve eş zamanlı görüntü aktarımı sağlayan video vericisinin menziline bağlıdır.

Bu çalışmada kullanılan İHA üzerinde bulunan video göndericisinin menzili 1 km'den, üzerine monte edilen menzil artırıcı radyo kontrol ünitesi sayesinde 60 km'ye kadar uzatılmıştır.



Şekil 5.1. 60 km menzilli Alıcı – Verici ünitesi

Gerekli itki kuvvetini üretmek için kullanılan üç hücreli 11.1 V'luk Li-Po batarya ile model 15 – 25 dakika arasında havada kalabilmektedir. Kullanılan bataryanın amper / saat değerine bağlı olarak bu süre artırılabilir.

5.2. İHA ile Demiryolu Güvenliği Kontrol Uygulaması

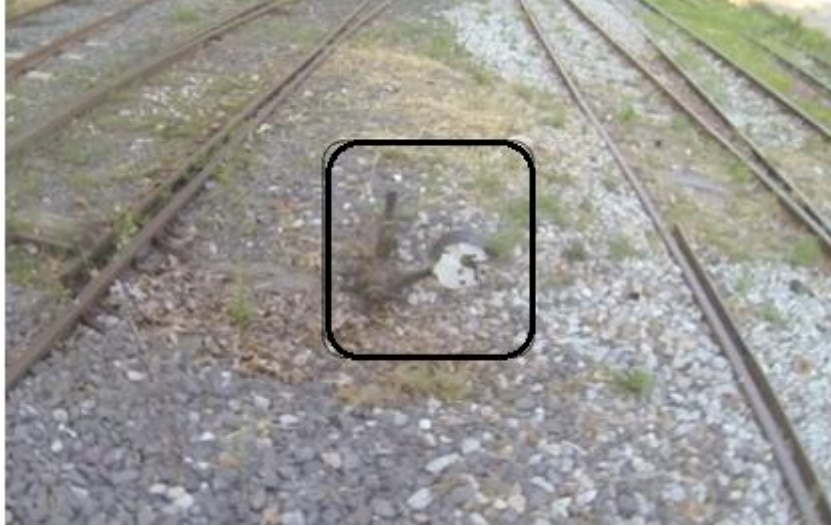
İHA ile tren yolu güvenliğine yönelik test uçuşlarının yapılmasının ardından 8 Haziran 2013 tarihinde İstanbul Haydarpaşa Gar'ında gerekli izinlerin alınmasından sonra yapılan test uçuşlarının bitirilmesinden sonra sistemin güvenilirliğini ölçmek amacıyla uzman yol kontrol memurları eşliğinde İHA ile kontrol uygulaması yapılmıştır.

5.2.1. Uygulama uçuşu

8 Haziran 2013 tarihinde İstanbul Haydarpaşa Gar'ında saat 15:00 da yapılan uygulama uçuşunda 3 kişi görev almıştır. Bir kişi uçağı uçurmakta, bir kişi ise uçak irtifası, hızı ile ilgili not almakta ve gerekli fotoğraf ve video çekimi işlemini yapmakla, diğer bir kişi ise YKİ'de bulunan monitöre çevrimiçi olarak gelen görüntülerin kontrolünü yapmakla görevlidir.

Yapılan çalışmada yer kontrol istasyonunda bulunan uzmanlar tarafından izlenen İHA'nın çevrimiçi olarak göndermiş olduğu görüntülerde demiryolu üzerinde aşağıda belirtilen aksaklıklar gözlemlenmiştir:

Uygulama uçuşu 15:00'da başlamış olup modelin uçuş için gerekli testlerinin yapılmasının ardından 15:08' de belirlenen bölgenin üstünden uçuşuna başlamıştır. Uçuşun 03:48 dakikasında Şekil 5.2'de görüldüğü üzere yol üzerinde bulunan makas fenerinin olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.2. Uygulama videosunun 03:48 anının görüntüsü

Uçuşun 03:57 dakikasında Şekil 5.3'de görüldüğü üzere yol üzerinde bulunan traversin çatlak olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.3. Uygulama videosunun 03:57 anının görüntüsü

Uçuşun 04:43 dakikasında Şekil 5.4’de görüldüğü üzere yol üzerinde yabancı cisim tespit edilmiştir.



Şekil 5.4. Uygulama videosunun 04:43 anının görüntüsü

Uçuşun 05:24 dakikasında Şekil 5.5’de görüldüğü üzere ray bağlantı elemanı olan trifon eksikliği tespit edilmiştir.



Şekil 5.5. Uygulama videosunun 05:24 anının görüntüsü

Rayların genişmeleri göz önüne alınarak iki ray arasında imbisat genişliği diye adlandırılan 25 mm lik boşluklar bırakılır [28]. Uçuşun 05:56 dakikasında

Şekil 5.6.'de görüldüğü üzere imbisat payının tolerans dışı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.6. Uygulama videosunun 05:56 anının görüntüsü

Uçuşun 05:59 dakikasında Şekil 5.7'de görüldüğü üzere conta başında ezilme ve seviye düşüklüğü tespit edilmiştir.



Şekil 5.7. Uygulama videosunun 05:59 anının görüntüsü

Uçuşun 06:05 dakikasında Şekil 5.8'de görüldüğü üzere dil ile yaslanma rayı arasında yabancı madde tespit edilmiştir.



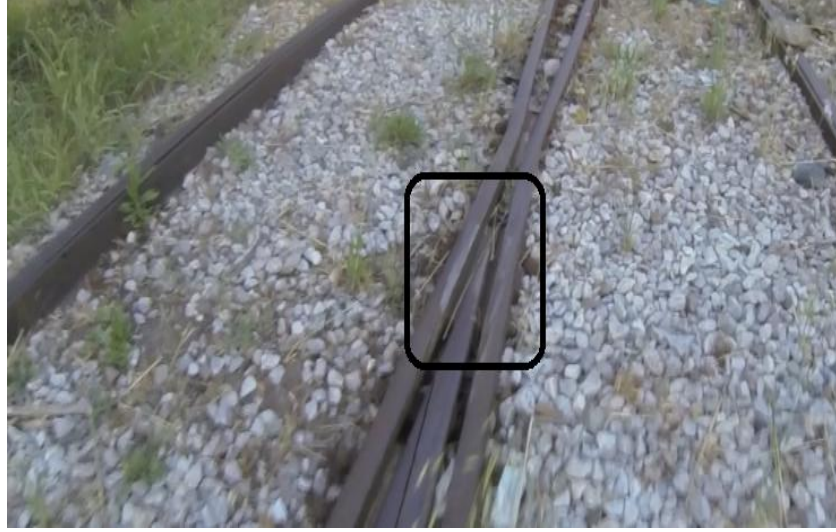
Şekil 5.8. Uygulama videosunun 06:05 anının görüntüsü

Uçuşun 06:09 dakikasında şekil 5.9’da görüldüğü üzere rayda ezilme (Apleti) tespit edilmiştir.



Şekil 5.9. Uygulama videosunun 06:09 anının görüntüsü

Uçuşun 06:48 dakikasında Şekil 5.10’da görüldüğü üzere göbek ucunda ezilme tespit edilmiştir.



Şekil 5.10. Uygulama videosunun 06:48 anının görüntüsü

Uçuşun 06:58 dakikasında Şekil 5.11’de görüldüğü üzere yük peronunun yıkılmış olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.11. Uygulama videosunun 06:58 anının görüntüsü

Yukarıda belirtilen aksaklıkların görüntülerden bulunmasından sonra, bulunan aksaklıkların doğruluğunu test etmek için kontrol edilen alan, demiryolu hat kontrol ekibi tarafından görsel olarak kontrol edilerek bulunan aksaklıkların tespiti yapılmıştır.

5.3. Sonuçlar ve Öneriler

Ülkemizde nüfus yoğunluğuna paralel olarak artış gösteren trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde yaşanan trafik sıkışıklığı ve kara araçlarından kaynaklanan hava kirlenmesi etmenlerini azaltmak için kent içi ve şehirlerarası raylı sistemlere önem verilmektedir.

Demiryolu ulaşımının ekonomik ve hızlı olmasının yanında en fazla güvenli olması istenmektedir. Demiryolu ulaşımında sıkça karşılaşılan demiryolundaki yol bozuklukları ve karşılaşılabilecek sabotaj durumları gibi güvenliği tehdit edici olayların bir program dahilinde kontrol edilmesi gerekmektedir. Tren raylarında oluşabilecek hat kesintilerinin uyarılması için geliştirilen sinyalizasyon ve elektrifikasyona yönelik çalışmalar olmasına rağmen bu uygulamalar demiryolu üzerinde, özellikle gözlemsel yöntemlerle gerçekleştirilen kontrollerde belirlenebilecek olan arızaların bulunmasında etkili değildir. Bu nedenle bu işlem yol kontrol memuru unvanına sahip kişilerce belirli bir program dâhilinde sürekli bir şekilde gözlemsel olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada, demiryolu hat kontrol ekibi tarafından rutin olarak yapılan demiryolu güvenliği kontrolünü daha kısa sürede, daha az maliyetle ve daha güvenli bir şekilde yapılmasını sağlamak amacı ile bir İnsansız Hava Aracı geliştirilmiş ve geliştirilen bu İHA ile demiryolu kontrolü için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Gerçekleştirilen projeyle modelin üzerine eklenen otopilot sistemi, görüntüleme sistemi ve gündüz ve gece görüş sistemi olan kamera kullanılarak insansız hava aracı keşif, gözetleme ve operasyonel amaçlarla kullanılabilecek bir duruma getirilmiştir. Geliştirilen İHA ile demiryolu güvenliği kontrolü çalışmasında belirlenen bölgede test uçuşları gerçekleştirilerek gerekli veriler alınmıştır. Test uçuşunun yapıldığı bölgede geleneksel yöntemlerle gözlem yapan uzmanlar eşliğinde gerekli rutin kontroller yapılarak sorun teşkil edecek noktalar belirlenmiş olup test uçuşu verileri ile karşılaştırılması yapılarak İHA'nın demiryolu güvenliğinde uygulanabilirliği sonucuna varılmıştır.

Tez çalışmasında kullanılan İHA, mini İHA olduğundan kaldırabileceği yük miktarı göz önüne alınarak kullanılan batarya ve görüntüleme sistemlerinden dolayı sınırlı bir alanda ve sürede kontrol yapılabilmesi mümkün olmuştur.

Fiziksel özellikleri ve taşıma kapasitesi artırılmış bir İHA' nın kullanılması durumunda daha gelişmiş sensör ve faydalı yüklerin taşınması sağlanarak tek operasyonda büyük bir alanın kontrol edilebilmesi mümkün olacaktır.

Tez çalışmasında kullanılan İHA'nın radyo kontrollü bir sistem ile yönetilmesi ve sadece uçuş esnasında herhangi bir şekilde problem durumunda otonom olarak geri dönüşünün uygulanması yapılmıştır. İHA'nın tamamen kalkış, uçuş ve iniş aşamalarında otonom ve programlanabilir olması düşünülmüş ancak tez çalışması süresinde bu çalışmaya geçilememiş olup ileride yapılacak çalışmalarda uygulanması planlanmıştır. İHA'nın bu tür uçuş sağlayacak şekilde tasarlanması, YKI' de bulunan pilotun iş yükünü önemli ölçüde azaltacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Demirdağ, M., Kentiçi *Raylı Sistemlerde Hat Bakım ve Maliyeti*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [2] TMMOB Makina Mühendisleri Odası, *Ulaşımında demiryolu gerçeği*, Oda raporu, 1-2. Nisan 2012.
- [3] Royal Air Force, Directorate of Defence Studies, *Air Power-UAVs: The Wider Context*, Ed. Owen Bomes, 2009.
- [4] Çakıcı, F., *Modeling, Stability Analysis and Control System Design of a Small-Sized Tiltrotor UAV*, M.Sc. Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, 107, Ankara, 2009.
- [5] Altunok, T. , *Türkiye'nin İHA serüveni*, Bilim Teknik Dergisi, 34-37, Aralık 2010.
- [6] AKGÜL, A.S, HACIOĞLU, A., *Gözetleme/Saldırı Amaçlı Mini insansız Hava Aracı Tasarımı Ve Üretimi*, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 4, (3), 1-6, Ocak 2010.
- [7] Ferit, M., Akyol, Y., *İnsansız hava aracı sistemlerinin dünyadaki gelişimi ve uygulamalar*, Kayseri V. Havacılık Sempozyumu, 234-239, 13-14 Mayıs 2004, Kayseri.
- [8] İnsansız hava araçları (Web sayfası: http://www.ssm.gov.tr/_layouts/images/iha_ekatalog_web/files/assets/seo/page63.html)(Erişim: mayıs 2013).
- [9] Arlomandi, M., *Classification of Unmanned Aerial Vehicles*, MECH ENG 3016 course note.
- [10] Global Hawk (Tier III) (Web sayfası: A= www.worldwide-military.com) (Erişim mayıs 2013).



- [11] DarkStar Tier III Minus (Web sayfası: www.fas.org) (Erişim Mayıs 2013).
- [12] Outrider (Web sayfası: www.tasuma-uk.com) (Erişim Mayıs 2013).
- [13] Raven – up (Web sayfası: www.uavglobal.com) (Erişim Mayıs 2013).
- [14] Pointer (Web sayfası: olive-drab.com) (Erişim Mayıs 2013).
- [15] İnsansız Hava Araçları,(Web sayfası: tr.wikipedia.org/wiki/İnsansız_hava_araçları) (Erişim tarihi: Ağustos 2010).
- [16] Unmanned Aerial Vehicle, (Web sayfası: <http://www.theuav.com>), (Erişim tarihi:Ağustos 2010).
- [17] Degarmo, M. T., *Issues concerning integration of unmanned aerial vehicles in airspace*, the MITRE Corporation, 89, McLean, Virginia.
- [18] Barrows, G. L., *Future Visual Microsensors for Mini/Micro-UAV Applications*, (Websayfası:<http://prism2.mem.drexel.edu/~billgreen/Bibliography/barrowsCenteye.pdf>), (Erişim tarihi: Temmuz 2011).
- [19] Ulaşım türleri (Websayfası:www.enerji_gazetesi.com)(Erişim tarihi:Mayıs2013).
- [20] Demiryolu ulaşımı, (Web sayfası: http://www.bunedir.org/demiryolu_ulasimi_nedir), (Erişim tarihi: Mayıs 2013).
- [21] Saatcioğlu,C.,Yaşarlar,Y., *Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımacılık Sistemleri İstanbul Örneği*, KAÜ-İİBF DERGİSİ, 3 (3) , 2012.
- [22] Banliyö treni (Web sayfası: <http://e40003.me.metu.edu.tr/8000/>)(Erişim tarihi:Mayıs 2013).
- [23] Eskişehir Tramvayı (Web sayfası: www.rayhaber.com) (Erişim tarihi:Mayıs 2013).
- [24] İstanbul metrosu (Web sayfası: www.postmedya.com)(Erişim tarihi:Mayıs 2013).

- [25] Sevim, R., , *İstanbul'da Kent İçi Raylı Sistemler Ve Üstyapı Hesapları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [26] Hızlı tren (Web sayfası: www.haber365.com)(Erişim tarihi:Mayıs 2013).
- [27] TCDD Personel Yönetmeliği Madde 39 Görev tanımları(Web sayfası: <http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/mevzuat/.../py.doc%E2%80%8E>) (Erişim tarihi:Mayıs 2013).
- [28] Koçtürk,B.,”Üstyapı ve Tekniği”, TCDD Eğitim ve Öğretim Daire Başkanlığı, s.3-82,2013,Haziran 2013.
- [29] Balast dökümü (Web sayfası: www.sogut-insaat.com.tr) (Erişim tarihi:Mayıs 2013).
- [30] KırıkTravers(webadresı:http://www.geziyorumlari.com/index.php?option=com_gezi&task=images&func=show&user=drdert&limitstart=14&Itemid=205) (Erişim tarihi:Mayıs 2013).
- [31] Kırık kaynak noktası (Web sayfası: <http://www.rayennur.com/urunler/ray-ek-kaynagi-teknik-dokumani.asp>)(Erişim tarihi: Mart 2013).
- [32] DJI PHANTOM modeline ait kullanım kılavuzu
- [33] Merç,Y. ve Bayılmış,C., *Dört Rotorlu İnsansız Hava Aracı (Quadrotor)Uygulaması*, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- [34] Kahvecioğlu,A,Parlaktuna,O.,Korul,H.,Işık,Y. *Bir Uçağın İrtifa Kontrolünde Klasik ve Bulanık PD Denetleyici Performanslarının Karşılaştırılması*, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, **2** (3), 9-20 , Ocak 2006.
- [35] Dönmez N. *Uçaklarda Otomatik Uçuş Kontrol Sistemleri ve Otopilot Tasarımı*, yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2005.