

KGİ İHS Kapsamında Anadolu Üniversitesi'nde Yapılan Çalışmalar¹

Zafer Öznalbant^{2*}

Tansu Filik³

Ömer Nezh Gerek⁴

ÖZ

Bu çalışmada, Anadolu Üniversitesi bünyesi altında Keşif, Gözetleme ve İstihbarat (KGİ) İnsansız Hava Sistemleri (İHS) projeleri kapsamında yapılan çalışmalar anlatılmıştır. İlgili çalışmalar Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ve Havacılık-Uzay Bilimleri Fakültesi ortaklığında yürütülmektedir. 2013 – 2014 öğretim döneminde başlayan ve halen devam eden çalışmalar kapsamında her iki fakülteden lisans öğrencileri ve akademik danışmanlarından kurulan ekipler ile otonom uçuş, havada görüntü olarak hedef bulma ve bu hedeflerin çeşitli özelliklerinin otomatik olarak belirlenmesi çalışmaları yapılmaktadır. Çalışmanın ilk kısmında, kullanılan hava araçları ve bunların otonom kontrolü için yapılan çalışmalar tanıtılmıştır. Sonraki kısımda, görüntü alma, hedef tespiti ve hedeflerin özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan görüntü işleme çalışmaları açıklanmıştır. Son kısımda da İHS ile Yer Kontrol İstasyonu arasında kurulan haberleşme bağlantıları sunulmuştur. Makalenin sonunda ise yukarıda belirtilen sistemlerin entegrasyonu ve ileriye yönelik planlar tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Sistemleri (İHS), İnsansız Hava Araçları (İHA), Otonom Uçuş, Görüntü İşleme.

ISR UAV Studies Performed in Anadolu University

ABSTRACT

In this study, the studies conducted within the scope of Unmanned Aerial Systems (UAS) Projects of Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR) at Anadolu University are presented. The studies explained here are the results of the collaborations between Anadolu University "Faculty of Engineering" and "Faculty of Aeronautics and Astronautics". Within the scope of the studies that started in 2013 – 2014, autonomous flight, automated target detection via aerial image capturing, and automatic identification of target properties are performed by the teams which consist of B.S. students and academic supervisors from both faculties. In the first part, aerial vehicles and results regarding autonomous control studies are explained. Then, image capturing, target detection and studies regarding identification of target specifications are described. Finally, the communication links between the UAS and the Ground Control Station (GCS) are presented. The paper concludes by system integration issues and future plans.

Keywords: Unmanned Aerial Systems (UAS), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), autonomous flight, image processing

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 13.05.2017

Kabul/Accepted : 25.07.2017

¹ 5-6 Mayıs 2017 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Ankara'da düzenlenen 9. Uçak Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı'nda bildiri olarak sunulan bu metin, yazarlarının makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

² Anadolu Üniv., Hav. ve Uzay Bil. Fak. Uçak Gövde-Motor Bakım Bölümü, Eskişehir - zoznalbant@anadolu.edu.tr

³ Yrd. Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir - tansufilik@anadolu.edu.tr

⁴ Prof. Dr., Anadolu Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir - ongerek@anadolu.edu.tr



1. GİRİŞ

İnsansız Hava Sistemleri (İHS), üzerinde otonom uçuş sistemleri, seyrüsefer sistemleri, görüntü işleme ve haberleşme sistemlerini bulunduran İnsansız Uçak/İnsansız Hava Aracı (İHA) ve bu uçağın bağlı olduğu Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler genellikle keşif, gözetleme ve istihbarat (KGİ) (Intelligence/Surveillance and Reconnaissance, ISR) sistemleri olarak tanımlanmakta ve askeri/sivil amaçlı olarak önemi artmaktadır. Askeri ve sivil havacılık alanında İHS sistemleri farklı gereksinimler doğrultusunda kullanılmaktadır. Askeri İHS sistemleri, 1-2 m kanat açıklığında, sırt çantasında taşınabilir uçaklardan, 20-30 m kanat açıklığına sahip uydu haberleşmeli (SATCOM) sistemlere kadar çeşitlilik göstermektedir. KGİ amaçlı İHS'leri genellikle otonom uçuş, görüntü alma ve bu görüntüyü işleme, haberleşme kabiliyetlerine sahiptir. Sivil amaçlı İHS'leri, tarım arazisi inceleme, haritalama, havadan görüntü alarak boru ve elektrik hatlarının kontrolü, sportif ve film yapımı için görüntü alma, akademik çalışmalar alanlarında kullanılmaktadır [1]. Bu amaçla kullanılan İHS'lerin, radyo kontrollü model uçak sistemlerinden farklı olarak otonom uçuş, görüntü alma ve işleme, haberleşme kabiliyetlerine sahip olması gerekmektedir. Gerek askeri, gerek sivil İHS'lerin sahip olması gereken ortak kabiliyetler otonom uçuş, görüntü işleme ve haberleşme olarak ortaya çıkmaktadır. 2014 yılı içerisinde sivil İHA sistemlerinin dünya genelindeki piyasa payının 500 milyon ABD doları olduğu ve ilerleyen her yıl bu payın en az %17 oranında artacağı öngörülmektedir [2].

Anadolu Üniversitesi kapsamında KGİ İHS çalışmaları Mühendislik Fakültesi ve Havacılık-Uzay Bilimleri Fakültesi ortak girişiminde 2014 yılından itibaren yürütülmektedir. Yapılan çalışmalar kapsamında sabit veya döner kanatlı hazır veya özgün tasarıma sahip uçakların imalatları gerçekleştirilmektedir. Uçuşa hazır veya özgün olarak tasarlanmış uçaklar üzerine, icra edilecek göreve yönelik seyrüsefer sistemleri, görüntü alma ve haberleşme sistemleri entegre edilmektedir. Hava aracının performans özellikleri, görüntü alma ve haberleşme sistemleri, bu sistemlerin uçuş koşulları altındaki performansları, YKİ ile haberleşme çeşitliliği ve kalitesi değerlendirildiğinde, bu çalışma disiplinlerarası bir çalışma olarak gündeme gelmektedir. Yapılan çalışmaların başarılarının niteliksel olarak değerlendirilmesine yönelik olarak her sene AUVSI kuruluşunun düzenlediği havacılık alanındaki en prestijli üniversitelerarası yarışma olan AUVSI SUAS yarışmasına katılım sağlanmaktadır [3]. 55 ülkeden 6000'den fazla bireysel üyesi olan AUVSI Derneği'nin düzenlemiş olduğu öğrenci insansız hava sistemleri (SUAS) yarışması, KGİ kabiliyetine sahip bir İHS'nin tüm alt bileşenlerini gerektirecek uçuş problemlerini çözmeye yöneliktir.

KGİ İHS'lerin bünyesinde olması planlanan alt sistemler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:



1. İnsanız Hava Aracı (İHA) ve Otonom Uçuş

Bu başlık altında, gerekli otonom seyrüsefer sistemlerini, görüntü alma ve işleme sistemlerini ve haberleşme sistemlerini taşıyabilecek, kolay kurulumu olan bir hava aracının tasarlanması veya hazır olarak temin edilen bir aracın yeniden revize edilerek uçuşa hazır hale getirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, ilgili hava aracının otonom kontrolünü gerçekleştirmek üzere açık kaynak kodlu oto-pilot sistemlerinin uçak ile bütünleştirilmesi (entegrasyonu) ve bu çalışmalardan elde edilen tecrübeler ile ilerleyen süreçlerde kullanılacak özgün oto-pilot sisteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

2. Görüntü İşleme ve Otonom Hedef Belirleme

İlgili çalışma kapsamındaki görevleri yerine getirmek amacıyla geliştirilen İHA üzerine, gerekli şartları (ağırlık, çözünürlük, kodlama, vb.) sağlayabilen bir kamera, bu kameranın tetiklenerek görüntü alınması, alınan görüntüyü işleyecek donanım ve yazılımının yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda öğrencilerin başta sistem mühendisliği olmak üzere, belirli kıstaslar doğrultusunda görüntü işleme üzerine çalışma yapılması amaçlanmıştır.

3. Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) ile Haberleşme

Gerek İHA'nın otonom uçuşu için gerekli verinin yer istasyonuna aktarılması, gerek havada alınan görüntülerin ve/veya görüntü işleme sonuçlarının yer istasyonuna aktarılması için uçak üzerine uygun bir haberleşme sisteminin bulunması gerekmektedir. Uçağın irtifa, konum ve yön bilgilerinin her daim yer istasyonuna aktarılması ve alınan yüksek çözünürlüklü görüntü verilerinin YKİ'ye aktarılması KGİ İHS'ler için kritik öneme sahiptir. Haberleşme sistemi kurulumu sinyal işleme konusunda ayrıca çalışma yapmayı gerektirdiğinden, bu projeler kapsamında, haberleşme/sinyal işleme konularında detaylı çalışmalar yapılması hedeflenmiştir.

KGİ İHS kapsamında geliştirilecek olan sistemin aşağıdaki görevleri yerine getirebiliyor olması hedeflenmektedir. İlgili görevler;

- Belirlenen hedef noktalara otonom olarak uçuş,
- Belirli bir arama bölgesindeki hedeflerin algılanması, sınıflandırılması ve yerlerinin tespit edilmesi,
- Uçağın uçuş bilgilerinin ve alınan görüntülerin düzenli şekilde YKİ'ye bildirilmesidir.

Bu çalışmada, içerisinde Anadolu Üniversitesi bünyesinde yapılan KGİ İHS sistemleri çalışmaları hakkında bilgi verilecektir. İkinci kısımda, kullanılan hava araçları,



uçuş kontrol için kullanılan oto-pilot sistemleri tanımlanmıştır. Üçüncü kısımda, görüntü işleme ve hedef tespit kapsamında yapılan çalışmalar tanımlanmıştır. Dördüncü kısımda, gerekli haberleşme için yapılan çalışmalar belirtilmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışmalar özetlenmiş ve ileriye yönelik yapılacak çalışmalar anlatılmıştır.

2. İNSANSIZ HAVA ARACI VE OTONOM UÇUŞ

2.1 İnsansız Hava Aracı

Üniversite bünyesinde KGİ İHS çalışmaları kapsamında kullanılacak İnsansız Hava Aracı tipinin belirlenmesi gerekmektedir. İHA tipinin belirlenmesinde öncelikli olarak görev gereksinim tanımlaması yapılır. Görev gereksinim tanımlaması uçağın taşıyacağı faydalı yük, uçuş hızı, uçuş irtifası ve havada kalış süresi kısıtlarına göre şekillendirilmektedir. Belirtilen bu kısıtlar, giriş bölümünde bahsedilen AUVSI kuruluşunun uluslararası SUAS yarışma dokümanı ve bu dokümanda belirtilen görevlerin icra şekline göre belirlenir. Gerekli faydalı yük, hedef bulma için gerekli olan kamera ve kameraya bağlı elektronik donanımı, ilgili görüntüleri YKİ'ye aktarmak için kullanılacak elektronik haberleşme sistemini ve otonom uçuş bilgilerini YKİ'ye aktaracak elektronik haberleşme donanımı olarak tanımlanmaktadır. Uçağın uçuş hızı, görüntü yakalama sistemine bağlı bir parametre olarak tanımlanır ve optimum görüntü yakalama hızı uçuş seyir hızı olarak belirlenir. Havada kalış süresi, ilgili yarışma kapsamında gidilecek hedef noktaların ve hedef arama bölgesinin alanı ve uçuş hızı parametrelerine göre belirlenir. Bu bilgiler kapsamında kullanılacak uçağın tipi (döner kanatlı, sabit kanatlı, uçan kanat...) belirlenir. Belirlenen uçak tipine göre uçağın özgün olarak tasarlanıp tasarlanmayacağına veya piyasada bulunan hazır ürünlerden temin edilip edilmeyeceğine karar verilir. Uçağın manuel ve otonom uçuşunu sağlayacak olan seyrüsefer sistemi faydalı yük içinde değerlendirilmemiştir.

2014 yılında, Anadolu Üniversitesi bünyesinde başlatılan KGİ İHS çalışmaları kapsamında, öncelikli olarak döner kanatlı multikopter tipi gövde seçimi yapılmıştır. Kullanılan multikopter 6 adet elektrikli motor, gövde bloğu, gövde bloğuna bağlı kamera yatağı ve gövde bloğu üzerine sabitlenmiş ArduPilot açık kodlu oto-pilot sisteminden oluşmuştur. Motorlar arasındaki mesafe 79 cm, yerden yüksekliği 21 cm olacak şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan yapısal malzemeler alüminyum ve cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerdir. Kullanılan güç sistemi 14.8V 7000 mAh Lipo batarya kullanılmıştır.

Motorlar Tiger MT2814-10 770 Kv fırçasız elektrik motorudur. Bu motor, seyir uçuşu esnasında kg başına 132 Watt, anlık olarak kg başına 147 Watt güç verebilmesi nedeniyle seçilmiştir. 14.8 V batarya ile birlikte kullanılan motorlarda en iyi statik itki değerinin 13 x 4,7 karbon pervane ile sağlandığı yapılan statik itki testleri ile tespit edilmiştir. Uçağın tasarımı, gövde parçalarının imalat ve montajı Anadolu Üniversite-

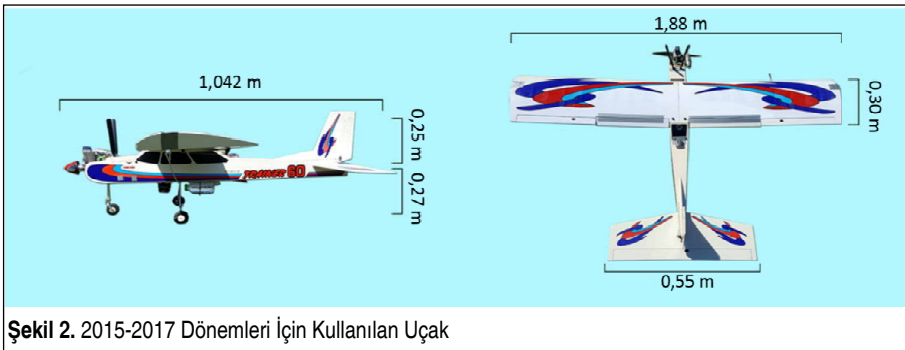


Şekil 1. KGİ İHS Çalışmalarında Kullanılan Multikopter

si SUAS ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. 2014 yılı KGİ İHS sistemi için kullanılan uçak görseli Şekil 1'de gösterilmiştir.

2014 yılında yapılan çalışmaların ardından, özellikle ~2kg faydalı yük ile yapılan uçuşlarda multikopter tipi uçakların havada kalış sürelerinin istenilen sürelerde olmadığı değerlendirilmiştir. Ayrıca, motorlardan birinin arızalanmasının sonucunda uçağın kaçınılmaz olarak düştüğü görülmüştür. Bu nedenle, 2015-2017 dönemleri için multikopter tipi uçak yerine sabit kanatlı uçak seçimi yapılmıştır. Ayrıca, havada kalış süresinin azami olarak arttırılabilmesi için içten yanmalı patlar motorlu itki sistemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

2015-2017 görev gereksinimlerine göre yapılan inceleme sonucunda, piyasada hazır bulunan, belirli yapısal takviyeler sonucunda 2 kg faydalı yük taşıma kapasiteli, 17-21 m/s seyir hızında uçuş yapabilen, kanatlarında taşıma arttırıcı ek yüzeyler (flap) bulunan Trainer 60 uçağı, KGİ İHS çalışmaları için belirlemiştir. Uçağın ölçüleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 2015-2017 Dönemleri İçin Kullanılan Uçak

2.2 Otonom Uçuş ve Uçuş Kontrol Sistemi

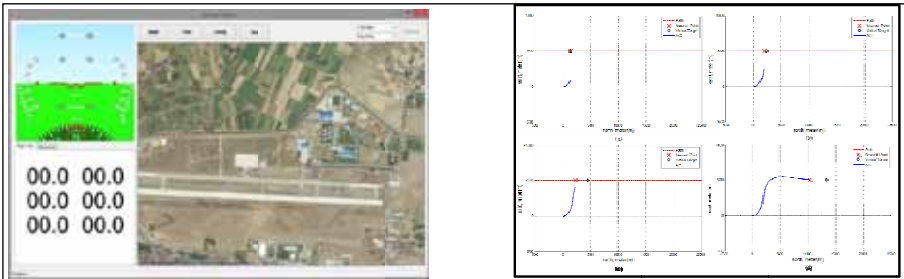
KGİ İHS çalışmaları kapsamında öncelikli olarak, piyasada hazır olarak bulunan açık kodlu oto-pilot sistemleri kullanılmıştır. Piyasada bulunan açık kodlu oto-pilot sistemlerinin bazıları Pixhawk, APM, CC3D, Erle-Brain vb. şeklinde sayılabilir. APM ve Pixhawk iyi belgelenmiş olması ve ekip öğrencilerinin bilgisi olması nedeniyle tercih edilmiştir. APM oto-pilot sistemi tedarik kolaylığı, fiyat ve performans özellikleri nedeniyle 2014 yılında multikopter oto-pilot sistemi için kullanılmıştır. Atmel 2560 işlemcisi bulunan bu uçuş kontrol paneli açık kaynak kodludur.

2017 döneminde APM oto-pilot sisteminden vazgeçilerek Pixhawk oto-pilot sistemi kullanılmıştır. Bunun nedeni APM oto-pilot sisteminin üreticisinin yayımlandığı sabit kanatlarda artık güncelleme yapılmayacağı duyurusudur. Ayrıca, APM oto-pilot sisteminin bazı duyguları desteklemediği görülmüştür. 2017 döneminde seçilen Pixhawk açık kaynak kodludur ve kaynak kodunda değişiklik yapmayı sağlayan arayüzü bulunmaktadır. Şekil 3'te, oto-pilot sistemine bağlı Yer Kontrol İstasyonundaki (GCS) arayüz gösterilmiştir.

Piyasadan temin edilen açık kodlu oto-pilotların yanı sıra, Anadolu Üniversitesi Havacılık Uzay Bilimleri Fakültesi ve Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümleri ile birlikte özgün oto-pilot yazılımı ve arayüzü çalışmaları yapılmaktadır. Oluşturulan hedef takip algoritması simülasyon ortamında başarıyla



Şekil 3. Oto-Pilot Sistemi Yer Kontrol İstasyonu Arayüzü



Şekil 4. Yer Kontrol İstasyonu Arayüzü ve Takip Algoritmasının MATLAB® Çıktısı



Şekil 5. Örnek Hedefler

çalıştırılmıştır. Şekil 4'te, Anadolu Üniversitesi'nde yapılan çalışmalar sonucu geliştirilen YKİ ve hedef takip algoritması görselleri verilmiştir.

3. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE OTONOM HEDEF BELİRLEME

Görüntü İşleme ve Otonom Hedef Belirleme çalışmaları kapsamında, ilgili yarışmada belirtilen hedeflerin görüntü işleme yöntemleri dâhilinde tespit edilerek özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hedeflerin renk, şekil, yönelim ve yön bilgilerinin yanı sıra, hedefin alfa-numerik karakter bilgisi bulunmaktadır. Bu hedefler arama bölgesi olarak adlandırılan bir bölgeye rastgele dağıtılmışlardır. KGİ İHS'nin bu arama bölgesi içinde tarama yaparak hedefleri tespit etmesi ve her hedef için ayrı ayrı tanımlanmış olan özelliklerin otomatik olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu hedef tiplerinin olabilecek en küçük ve en büyük boyutu yarışma organizasyonu tarafından kurallar içinde belirtilmiştir. Şekil 5'te, yarışma heyeti tarafından belirlenmiş örnek hedefler gösterilmiştir. Görüntü İşleme ve Otonom Hedef Belirleme kapsamındaki çalışmalar ana başlıklar halinde aşağıda açıklanmıştır.

3.1 Görüntü Yakalama Sistemi

Görüntü yakalama sistemi, herhangi bir insan yardımına ihtiyaç duymadan, otomatik olarak aktive edilecek şekilde C++ ile yazılmış özgün bir sistemden oluşmaktadır. İHS, coğrafi olarak arama alanına girdiğinde görüntü yakalama sistemi otomatik olarak başlar. Sistem dört ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler; kamera, bütünlük bilgisayar, duyargalar ve veri bağlantısıdır.

Kullanılan kamera 18-55 mm lensli Canon EOS 100D fotoğraf makinesidir. Kamera, 1 görüntü/saniyelik kare hızıyla çalıştırılmaktadır. Kameranın kontrol edilmesi, çekilen görüntülerin coğrafi konumunun etiketlenmesi ve görüntülerin YKİ'ye aktarılması için İHS üzerine Bütünlük Bilgisayar yerleştirilmiştir. Duyargalar, yakalanan görüntülerin GPS koordinatlarının ve yönünün belirlenmesi amacıyla kullanılmakta-



dır. Veri aktarımı için İHS ile YKİ arasında kablosuz bir iletişim sistemi kurulmaktadır. Özet olarak, bir görüntü yakalandığında, uçuş bilgileri ve GPS verisi, yerleşik bilgisayar kullanarak görüntüye etiketlenir. Daha sonra görüntü, tanımlanan bir veri yapısında YKİ'ye gönderilmek üzere sıraya konur. Daha sonra bu görüntü ve bağlı verileri güvenilir bir aktarım protokolü ile otomatik olarak YKİ'ye aktarılır.

3.2 Görüntü İşleme ve Otonom Hedef Belirleme

Görüntü işleme algoritması, görüntü işleme için güçlü ve iyi bilinen bir araç olan OpenCV kütüphanesini kullanmaktadır. İHS'den yer istasyonuna gönderilen görüntüler sıralı olarak işlenmektedir. Görüntü işleme ve hedef belirleme işlemleri sırasında öncelikle hedefin varlığının tespit edilmesi, ardından da varlığı tespit edilen hedefin ne olduğu, özellik ve özniteliklerinin neler olduğu ortaya çıkarılmalıdır.

• Hedef Tespitinin Yapılması

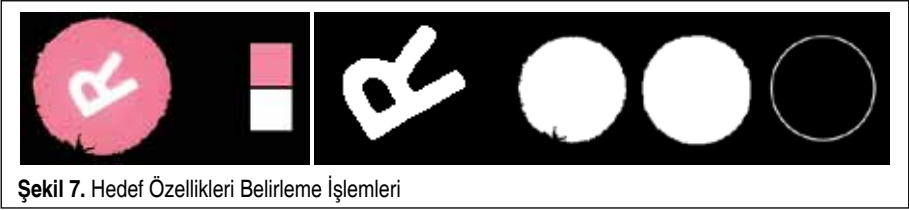
Öncelikli olarak yakalanan görüntü içerisinde hedef olup olmadığı incelenir. Bu işlem, kameradan orta boy bir görüntü elde ederek başlar. Kameranın tam çözünürlüğü, gerçek zamanlı operasyonlar ile ilgili hesaplama zorlukları nedeniyle tercih edilmez. Ayrıca, tam boyutlu bir görüntünün tekrar tekrar örneklenmesi fazladan hesaplamalara ihtiyaç duyar. Bu nedenle, yeniden boyutlandırma işlemi kamera içi işleme bırakılmıştır. Yeniden boyutlandırma işleminden sonra görüntü yumuşatılarak (gürültünün giderilmesi) ve HSV renk alanına dönüştürülür. Dönüştürmeden sonra olası adaylar temelde benzer pikselleri gruplayan MSER Blob algılama algoritması kullanılarak çıkarılır. Ardından, hedef olma ihtimali olan adaylar boyutları ve en-boy oranı dikkate alınarak belirlenir. Şekil 6'da hedef belirlenmesi gösterilmiştir. Bu tespit işleminden sonra şekil ve harf içeriğine göre daha ileri işlemler için görüntü bilgisayara gönderilir.

• Hedef Özelliklerinin ve Karakterinin Belirlenmesi

Yakalanan görüntü içerisinde belirlenen olası hedeflerin renk, şekil, yönelim ve yön bilgilerinin yanı sıra, hedefin alfa-numeric karakter bilgisinin tespit edilmesi gerekmektedir. Renk algılama işlemi, olası arka plan nesnelere (çimen, toprak, yol vs.) eleme süreci ile başlar. Arka plan elemesinden sonra kalan görüntüde, HSV değerleri kullanılarak renk tespiti yapılır. Algılama, bir alfa-numeric karakter



Şekil 6. Görüntü İçerisinde Olası Hedef Aranması



Şekil 7. Hedef Özellikleri Belirleme İşlemleri

ter için, diğeri de hedef şekli için olmak üzere iki görüntü oluşturur. Alfa-nümerik karakteri algılamak ve tanımak için, yaklaşık 30.000 karakter resim içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Elde edilen hedefin histogram dağılımları Destekçi Vektör Makinesi (Support Vector Machine (SVM)) algoritması yardımıyla karakter incelemesi yapılır. Alfa-nümerik karakterin tespit edilmesinin ardından, İHS'nin yönelimi de kullanılarak karakterin yönü belirlenir. Karakterin üzerinde bulunduğu şekil de benzer şekilde bulunmaktadır. Fotoğraf makinesi tarafından yakalanan görüntüler, zaman damgası ve GPS değerleri ile birlikte yakalanır. Kameranın uçağa göre oturma açısı bilindiğinden İHS'nin koordinatlarını kullanarak hedefin konumu hesaplanır.

Hedef özelliklerinin belirlenmesi süresince yapılan işlemlerin çıktıları Şekil 7'de gösterilmiştir.

4. YER KONTROL İSTASYONU İLE HABERLEŞME

YKİ ve İHS arasındaki veri bağlantısı kritik öneme sahiptir. İHS üzerinde iletişim kurulan üç temel veri bağlantısı vardır. İlk bağlantı, İHS'deki oto-pilot sistemi ile YKİ'deki görev arayüzü arasındaki telemetri iletişimi içindir. İkinci veri bağlantısı, İHS'deki uçuş bilgisayarından YKİ'deki görüntü ara birimine görüntü verisi aktarımı içindir. Üçüncü veri bağlantısı ise güvenlik pilotunun İHS kontrolüne ayrılmıştır. Bu bağlantılar, özel iletişim elektronik kartlarının programlanmasıyla gerçekleştirilir ve aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

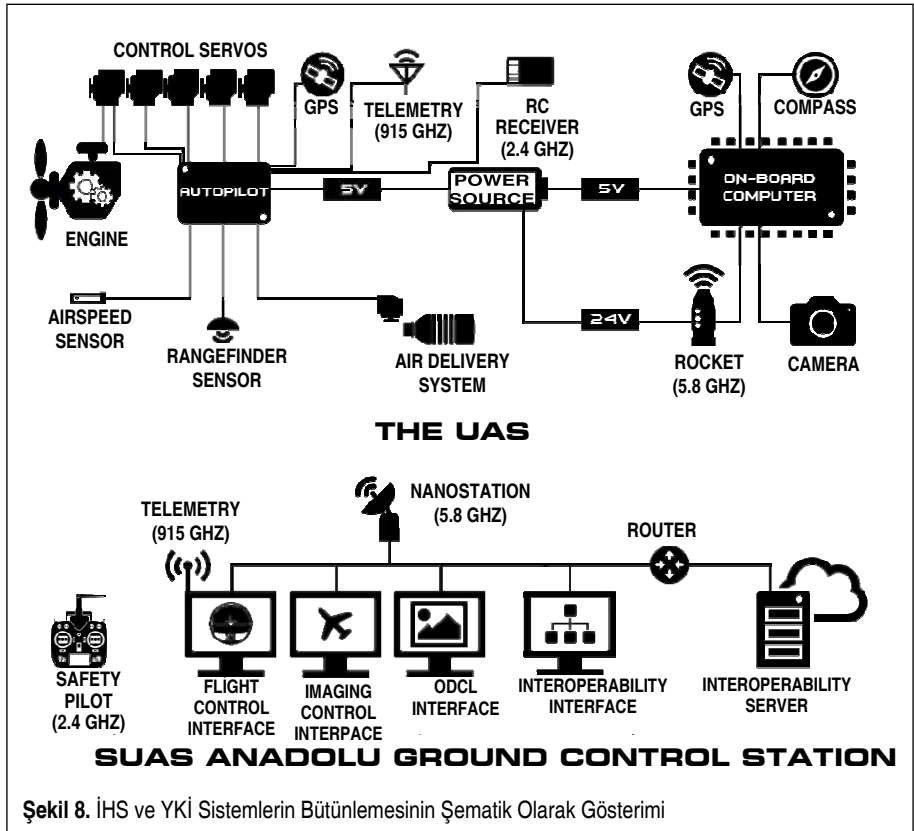
YKİ ve İHS oto-pilot sistemi arasında telemetri iletişim kurmak için xBee modülleri kullanılmaktadır. XBee modülleri, DIGI firması tarafından üretilen güvenilir ve emniyetli radyo frekansı iletişim modülleridir. 868MHz, 900MHz ve 2.4GHz gibi farklı frekanslarda çalışan çeşitli xBee modül türleri vardır. DIGI, bu modüllerde 3 tip iletişim protokolü kullanmanıza izin verir: ZigBee, DigiMesh ve 802.15.4. İki modül arasında iletişim kurmak için, her iki ünitenin de aynı protokole ayarlanması gerekir. XBee modüllerinin yazılım güncellemeleri ve yapılandırılmaları, üreticinin sağladığı "XCTU" yazılımında yapılmaktadır. Konfigürasyonlar ayarlandıktan sonra, modüller bilgiyi dâhili belleğine kaydeder ve hazır hale gelirler. Kullanılan XBee modüllerinin 3.2 km iletişim menzili ve 250 kbps standart ve 1Mbps maksimum veri aktarım hızı mevcuttur.

Görüntü aktarımı veri bağlantısı, yakalanan görüntüleri İHS'den YKİ'ye hızlı ve güvenilir bir şekilde aktarmayı amaçlamaktadır. Aynı bağlantı ayrıca dâhili bilgisayarı ve kamerayı kontrol etmek için de kullanılır. İHS'deki Ubiquiti Raket M5 ve YKİ'deki Ubiquiti Nanostation M5 platformları gerekli iletişimi sağlamak için kullanılmıştır.

Güvenlik pilotunun İHS kontrolü için radyo kontrol bağlantısı (RC) kurulmuştur. Bu bağlantı İHS'nin uçuş modunu kontrol etmeyi ve değiştirmeyi sağlamaktadır. Buna ek olarak, acil durumlarda güvenlik pilotu İHS'nin kontrolünü manuel olarak yapabilmektedir.

5. SİSTEM BÜTÜNLEME

Yukarıda belirtilen tüm sistemler belirli bir yapı altında birleştirilerek senkron şekilde çalıştırılmaktadır. Şekil 8'de, uçak üzerine yerleştirilen sistemler ve YKİ şematik gösterimi verilmiştir. Bu şema, hem döner kanatlı hem de sabit kanatlı sistemlerimize gerekli gövdesel optimizasyonlar sonrası yerleştirilebilmektedir.





6. SONUÇ

Bu çalışmada, Anadolu Üniversitesi kapsamında Keşif, Gözetleme, İstihbarat (KGİ) amaçlı geliştirilen İnsansız Hava Sistemi (İHS) çalışmaları anlatılmıştır. Bu çalışmalar 2014 yılında başlatılmış ve nitel değerlendirme için düzenli olarak AUVSI derneğinin düzenlediği öğrenciler arası insansız hava sistemleri (SUAS) yarışmasına katılım sağlamayı hedeflemiştir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar sonucunda önemli bilgi birikimi sağlanmış, pek çok görevi otonom yerine getirebilen sistemler geliştirilmiştir [4-9]. Bu çalışmalar sayesinde özellikle otonom İHA sistemleri üzerine gelişme altyapısı sağlanmış durumdadır. İlerleyen aşamalarda özgün oto-pilot ve özgün hava aracı tasarımlarının geliştirilerek ilgili çalışmalarda bu özgün yapıların kullanılması hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Anadolu Üniversitesi tarafından Bilimsel Araştırma Projeleri 1702F030 Numaralı 'Otonom Uçuş ve Seyrüsefer Yapabilen Görev Odaklı İnsansız Hava Sistemi Geliştirilmesi' Projesi kapsamında desteklenmektedir.

KAYNAKÇA

1. **Austin, R.** 2010. *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design Development and Deployment* Wiley & Sons, England.
2. **Grand View Research.** 2017. "Commercial UAV Market Analysis by Product (Fixed Wing, Rotary Blade, Nano, Hybrid), by Application (Agriculture, Energy, Government, Media & Entertainment) and Segment Forecasts to 2022," <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/commercial-uav-market>, son erişim tarihi: 9.12.2016.
3. **Auvsu Suas.** 2017. "Association for Unmanned Vehicle Systems International Student Unmanned Aerial Systems Competition Hosted by the AUVSI Seafarer Chapter," <http://www.auvsu-suas.org/competitions/2017/>, son erişim tarihi: 9.12.2016.
4. **Bahat, M. F., Filik, T.** 2015. "GPS-Based Antenna Tracking and Signal Beamforming System for Small UAV Platform," IEEE, 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 16-19 May 2015, Malatya.
5. **Öznlbant, Z., Filik, T., Kavsaoglu, M. Ş.** 2015. "Signal Analysis and Filtering for Low Cost IMU Measurements," 8th International Aerospace Conference, 10-12 September 2015, METU, Ankara.
6. **Savaş, T., Filik, T.** 2015. "Development of an Experimental UAV System for Student Unmanned Aerial System Challenge at Anadolu University," 8th International Aerospace Conference, 10-12 September 2015, METU, Ankara.
7. **Savaş, T., Filik, T.** 2015. "Anadolu Üniversitesi'nde Otonom Arama ve Kurtarma Amaç-



lı Deneysel İHA Sistemi Geliştirme Çalışmaları,” TMMOB Makina Mühendisleri Odası VIII. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı - UHUM 2015, 22-23 Mayıs 2015, Eskişehir.

8. **Uysal, C., Filik, T.** 2015. “A sparse Approach for the Presence Detection of Long-Code DS-SS Signals,” IEEE, 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 16-19 May 2015, Malatya.
9. **Uysal, C., Filik, T.** 2015. “A Joint Detection and Localization Method for Non-Cooperative DS-SS Signals,” Military Communications Conference, MILCOM 2015 - 2015 IEEE, 26-28 October 2015, Tampa, ABD.