

Geniş Arazilerde Yangın Tespiti ve İlk Hızlı Müdahale İçin Yeni Bir Drone Tasarımı Önerisi

A New Drone Design Proposal for Fire Detection and First Quick Response in Large Areas

Yaşar Anıl Hithit¹, Harun Hot², Zeynep Sevgi Yüksel², Erdem Yazgan²

¹Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bilgisayar Mühendisliği (ÇAP)

TED Üniversitesi

yanil.hithit@tedu.edu.tr

² Elektrik Elektronik Mühendisliği TED Üniversitesi

harun.hot@tedu.edu.tr, zsevgi.yuksel@tedu.edu.tr, erdem.yazgan@tedu.edu.tr

Özet

Günümüzde farklı niteliklere sahip birçok drone bulunmaktadır. Dronelar yangınla mücadele, seyahat, tarım, haritalama gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, projemizi yangın algılama ve ilgili kişilere yardımcı olmak adına geliştiriyoruz. Çünkü ülkemizde yangınlar kısa sürede tespit edilememekte, dolayısıyla söndürülmesi zaman almaktadır. Yangının başladığı yerin hızlı tespiti ve durumun belirlenmesi için yeterli bilgiye zamanında sahip olunması, yangına kısa sürede müdahale edilmesini sağlar. Yapay zekâ ve görüntü işlemeyle birlikte yangın tespitinde dronelar kullanılırsa, insan yaşamı daha güvenli olacaktır. Ana amaç otonom bir yangın algılama ve yangına ilk müdahale sistemi oluşturabilmektir. Bu sistem, orman gibi yerlerde bağımsız olarak uçabileceği, yangının yerini hızla tespit edip gerekli yerlere bilgiyi ulaştırabileceği ve yangına su fişkırtarak ilk müdahaleyi yapabileceği için etkili olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Yangın Tespiti, Güvenli İniş, Hedef Tespiti, Yangına İlk Müdahale, Orman Yangını, Görüntü İşleme, Yapay Zekâ

Abstract

Nowadays, there are many types of drones with different qualities. Drones are used in many areas such as fire-fighting, travel, agriculture, mapping. In this direction, we are developing our project to help fire detection and relevant people. The reason for this is that fires cannot be detected in a short time, especially in Turkey. Having enough information in a timely manner to quickly detect the place where the fire started and to determine the situation ensures timely response to the fire. If drones are used in fire detection with artificial intelligence and image processing, safety in human life will be brought to a more effective position. The main purpose is to create an autonomous fire detection system. This system can be used as a very effective method as it can fly independently in places such as forests, quickly locate the fire and deliver information to the necessary places.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Fire Detection, Safe Landing, Target Detection, First Response to Fire, Forest Fire, Image Processing, Artificial Intelligence

1. Giriş

Drone dört rotor tarafından kaldırılan ve hareket ettirilen bir tür İnsansız Hava Aracı (İHA)'dır. Drone dar alanlarda rahatlıkla havada asılı kalabildiği ve seyir halinde kalkış ve iniş hareketlerini rahatlıkla yapabildiği için yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Son zamanlarda, arama ve kurtarma, gözetleme ve hedef tespiti gibi İHA uygulamalarına ilgi artmaktadır. Özellikle hedef tespiti, İHA uygulamalarında, akü şarjı veya diğer bazı görevler için drone istasyonuna güvenli bir iniş için gerekli olduğundan, önemli bir ön işlemdir. Ayrıca dronelerin son zamanlarda aktif olarak kullanılmaları ve insanların ulaşamayacağı yerlerde bile aktif çalışma yapabilmeleri insan hayatını oldukça kolaylaştırmaktadır. Bu alanlardan birisi de geniş arazilerde meydana gelen yangınların söndürülmesidir. Bu bildiride geniş arazide yangın tespiti için yeni bir drone tasarımı önerilmiştir. Bu tasarım otonom olarak yangının yerini belirleyip, gereken yerlere bu bilgiyi ulaştırabilecektir. Bu uygulamayı gerçekleştirirken sensörlerde hassasiyet eksikliği olmasından ötürü hedef tespiti yapabilmek ve güvenli iniş o kadar da kolay bir iş değildir. Bu uygulamanın gerçekleştirilmesi için görüntü işleme kullanılmaktadır.

Otonom drone sistemini kalkış, görevi gerçekleştirmek, yer hedefinin tespiti ve güvenli iniş olarak dörde ayırabiliriz. Bu işlemlere baktığımızda güvenli inişin ve yer hedefinin tespitinin daha zorlu olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü bu kısımlarda meydana gelen herhangi bir hata drone un devrilmesine dolayısıyla drone sisteminin zarar görmesine sebep olur. Güvenli iniş ve hedef tespiti üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Bunlardan bazıları GPS ve kameraya dayalı bir hedef tespit algoritmasını savunmaktadır [1]. Bazı araştırmalar görüntü işleme tabanlı hedef algoritmasını yüksek özellikli CPU'lar kullanarak sunar [2]. Bazı araştırmalarda ise insansız hava aracını kontrolünde bulut bilişim tabanlı vizyonu kullanılmıştır [3, 4]. Yer hedefi ile drone uçuşu arasındaki bulut iletişim üzerine de odaklanan birçok araştırma bulunmaktadır [5] Yapmış olduğumuz projede, bir kamera

tarafından renk algılamasını kullanarak çalışan bir görüntü işleme algoritması kullanılmaktadır. Görüntü işleme algoritması sayesinde hedef tespitinin yapılması ve emniyetli iniş gerçekleştirilecektir.

2. Hedef tespiti ve güvenli iniş sisteminin konfigürasyonu

Hedef tespiti ve güvenli iniş sisteminin konfigürasyonu uçuş kontrolcüsü, Raspberry Pi, USB kamera, ESC modülü, RF alıcı, RF verici, Fırçasız motor ve kameradan meydana gelmektedir.

2.1. Uçuş kontrolcüsü

Uçuş kontrolcüsü drone un beynidir. Sensörlerden gelen tüm verileri okuyarak bunlara bağlı olarak en iyi komutları hesaplar. Daha sonra bunları ESC modülüne gönderir. ESC modülü, her bir BLDC motorun hızını kontrol etmek için uçuş kontrolöründen ve RC alıcısından rpm verilerini alabilir. Bu çalışmada uçuş kontrolcüsü olarak Pixhawk kullanılmaktadır. Pixhawk saatte frekansı 168 MHz olan bir ARM Cortex M4 CPU'ya sahiptir. Sapma, eğim, dönüş ve rakımı ölçmek için 10 DOF-IMU ile donatılmıştır. Ayrıca, sekiz BLDC motoru destekleyebilen sekiz PWM çıkışına sahiptir. Ek olarak bünyesinde UART, I2C, CAN, SPI ve ADC gibi ek çevre birimleri için çeşitli bağlantı seçeneklerini bulundurmaktadır. Bu çalışmada Pixhawk uçuş kontrol cihazını kullanmasının en önemli nedeni modifikasyon için açık kaynak kodlu ArduCopter ile kolayca arayüzlenebilmesidir. Mevcut çalışmada Pixhawk PX4'ü tercih edilmiştir. Bunun sebebi diğer kontrolcülere kıyasla daha hafif olması, uyumlu GPS'i de paketinde içermesi, devre kartlarının da dahil olmasıdır.

2.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi, Bluetooth ve kablosuz LAN bağlantısı olan maliyeti düşük ve küçük boyutlu bir bilgisayardır. HDMI kablosu yardımıyla bir bilgisayar monitörüne takılabilir ve bir masaüstü bilgisayarla yapılabilen her şeyi yapabilir. Mevcut çalışmada yüksek CPU performansına sahip olan Raspberry Pi 3+ kullanılmıştır. Raspberry Pi 3+, hızlı yürütme süresi gerektiren görüş tabanlı görüntü işleme için iyi bir tercihtir. Hedef tespiti için görüntü işleme algoritması ile güvenli bir iniş için kullanılan algoritma Raspberry Pi içinde uygulanmaktadır. USB kamera, yakalanan görüntüleri sürekli olarak Raspberry Pi'ye gönderen USB bağlantı noktası üzerinden Raspberry Pi 'ye bağlanmakta ve sonrasında bu veriler Pixhawk uçuş kontrol cihazına gönderilmektedir.

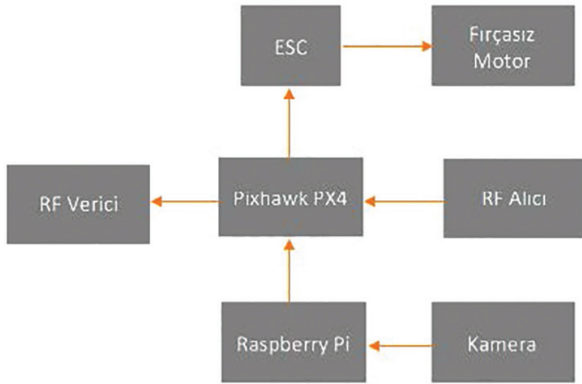
2.3. ESC

ESC bataryadan aldığı elektrik enerjisini, alıcıdan aldığı sinyal ile sürerek motorlara iletmekte ve motor devrini kontrol etmekte olan hız kontrolcüsüdür. ESC motora hangi hızla dönmesi gerektiğini söylemektedir. Motor fazla akım çektiği zaman motorun zarar görmemesi için akımı keserek motoru durdurmaktadır. Pil belli bir voltajın altına düştüğü zamanda da motor akımını keserek pil yüzdesinin tehlikeli sınırı altına düşmesini önlemektedir.

2.4. Fırçasız motor

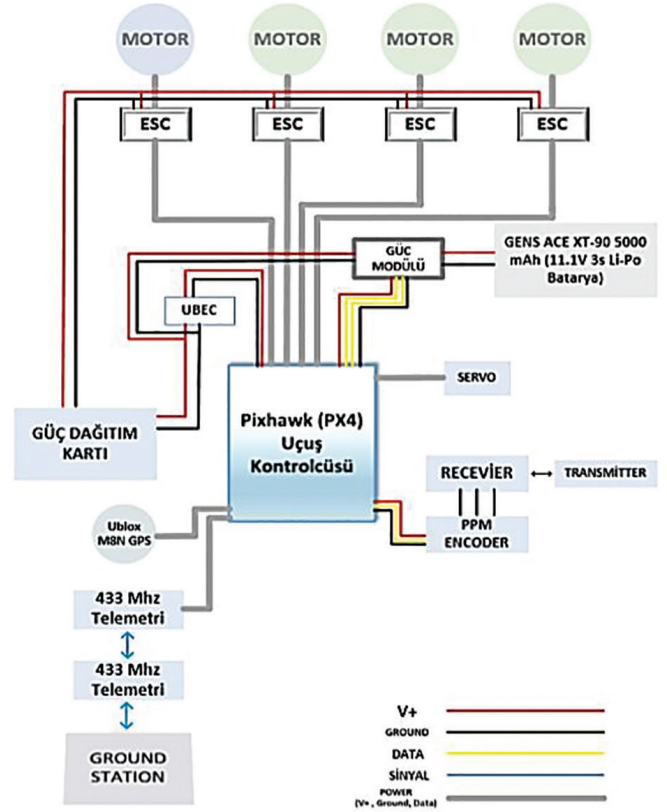
Fırçasız Motor rotor ve stator olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. BLDC motorlar, yüksek verim, yüksek momentum-hacim oranı ve uzun ömürlü olmaları bakımından oluşturulan sisteme avantaj sağlamaktadırlar.

Hedef tespiti ve güvenli iniş için yapılan sistemlerin birlikte işleyiş konfigürasyonu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Hedef tespiti ve güvenli iniş sisteminin konfigürasyonu

Buna ek olarak oluşturulan sistemin ayrıntılı blok diyagramı Şekil 2'de belirtilmiştir. Bu kısımda ilk aşamada, kablosuz haberleşme modülü olarak Pixhawk ile beraber gelecek olan 433 Mhz Telemetri sisteminin denenmesi hedeflenmektedir.



Şekil 2: Blok devre şeması

3. Gövde ve mekanik sistemler

3.1. Gövde geometrisi

Drone tasarımı, drone gövdesi için drone'un daha uzun sürede havada kalabilmesi ve açık ortam koşullarına uygun olabilmesi için karbon fiber malzemeler kullanılmıştır. Ayrıca drone tasarımı, drone'un rüzgâr gibi dengesinin bozulmasına sebebiyet verecek herhangi bir dış etmenle karşılaştığında, tekrar denge halini sağlayabilmesi için gövde geometrisi önem taşımaktadır. İnsansız hava aracımızın gövde tasarımı dış etmenler ve görev gereksinimleri değerlendirilerek ayarlanmıştır.

3.2. İniş Takımları

İniş takımları iniş ve kalkış sırasında hava araçlarını koruyarak hasarı minimum seviyeye indirmek için kullanılmaktadır. Herhangi bir ani iniş durumunda çarpışma iniş takımlarına zarar vereceği için gövde ve şase minimum hasarı alır. Özellikle döner kanat hava araçlarında pervane kısmı çok kolay bir şekilde

de hasar görebileceği için iniş takımı pervanelerin daha yüksek bir seviyede kalmasını sağlayarak zarar görmesini engeller. Mevcut çalışmada döner kanatlı hava aracı için 2 noktada yere temas edecek şekilde şasenin alt kısmından 4 adet bacak çıkacak şekilde bir iniş takımının kullanılması uygun bulunmuştur. İniş takımının aracımızın ağırlığına fazla etki etmeyecek şekilde karbon fiber malzemeler kullanarak üretilmesi uygun bulunmuştur. İniş takımının yerle temas edecek kısmını gelebilecek darbelerden korumak için sünger koruyucular kullanarak ağırlıktan tasarruf ederken iniş takımını da korumak hedeflenmiştir. İniş takımının yerle temas edecek kısımlarının tamamen paralel bir yapıya sahip olmasını uygun bulunmuştur. Bu sayede denge merkezi de bozulmamış olacaktır.

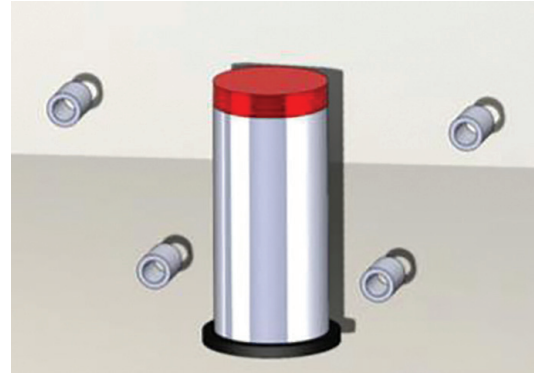
3.3. Motor-pervane Konfigürasyonu

Drone için motor ile pervane uyumunu sağlamak, verimli uçuşu sağlamak açısından önemlidir. Pervaneler dönerek ve havayı hareket ettirerek itme sağladığından pervanelerin dönüş hızı arttıkça daha fazla havayı hareket ettireceği için daha fazla itme sağlanır. Buna ek olarak pervane uzunluğu ve 1 tam turda aldığı yol da itmede önemli rol oynamaktadır fakat bunlar yüksek akım çekmesi ile motorun daha fazla enerjiye ihtiyaç duymasına sebep olacaktır. Bu nedenle yüksek devirli motor kullanımında kısa pervane ve düşük devirli motorlarda ise uzun pervane kullanmak daha mantıklı olacaktır. Motor devri yüksek ve küçük pervane seçiminde enerjiden tasarruf ederek motorların daha sağlıklı çalışması beklenir. Motor devri düşük ve büyük pervane seçiminde ise daha düzgün ve dengeli bir uçuş sağlanabilmektedir [6]. Mevcut tasarımda yapılan araştırmalar sonucunda motor devri düşük ve büyük pervane kullanılmasına karar verilmiştir.

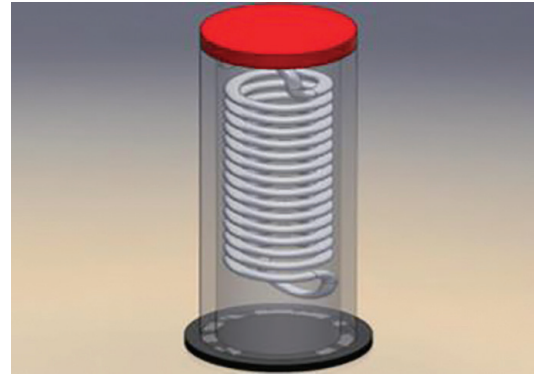
4. Görev Mekanizma Sistemi

Tasarlanan yangını tespit etme ve söndürebilme drone unda, su alma ve bırakma mekanizmasında üzerinde düşünülen ve tasarımı yapılan muhtemel 3 model bulunmaktadır. Şasenin alt kısmından çıkacak pipet ya da boru benzeri bir sistemin kapak kısmını ufak bir motor yardımıyla hareket ettirilmesi hedeflenmiştir. Değerlendirilen sistemlerde en uygun olanı ve en güvenli şekilde suyu taşıyabilecek olan sistem Şekil 4 için gösterilen yaylı sistem olarak düşünülmüştür. Borunun suyun içine girdiğinde kapağın su basıncıyla kapanacağını ve sistemin çalışmayacağını göz önünde bulundurduğumuzda yaylı bir sistem

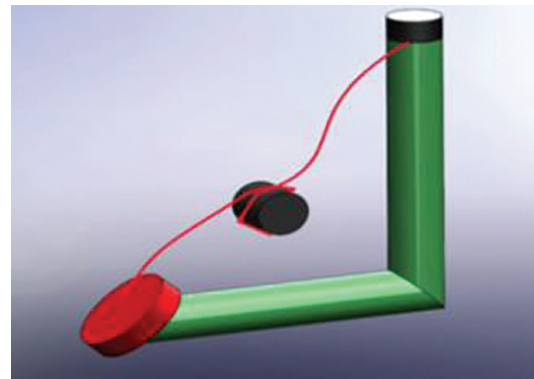
yapmanın daha doğru olacağı öngörülmüştür. Aşağıdaki şekillerde üç şekilde halihazırda ana hatlarıyla tasarlanan mekanizmalar bulunmaktadır. Şekil 3 için yapılan mekanizmada makaralara bağlanacak misina ip yardımıyla alttaki kapağın açılması ve kapanması hedeflenmiştir. Şekil 4 için yapılan mekanizmada yayın gerilim kuvveti kullanılarak kapağın açılması ve kapanması hedeflenmiştir. Şekil 5 için yapılan mekanizmada ise tek bir makaraya bağlanacak misina ip yardımıyla kapağın açılması ve kapanması hedeflenmiştir. Tasarım yapılırken SolidWorks programı kullanılmıştır.



Şekil 3: İki makaralı sistem



Şekil 4: Yaylı sistem



Şekil 5: Tek makaralı L kollu sistem

5. Otonom görme tabanlı hedef tespiti ve güvenli iniş algoritması

Bu çalışmadaki ana hedef otonom görme tabanlı hedef tespiti, hedefin analiz edilmesi ve otonom bir şekilde güvenli inişin sağlanmasıdır. Hazırladığımız algoritma için Python programlama dili kullanılmış olup OpenCV ve Matplotlib gibi kütüphanelerden yararlanılmıştır. Daha detaylı pixel analizi yapmak ve sistemi eğitmek için TensorFlow kütüphanesi de kullanılabilir. [7] Kullanılan algoritmada ilk olarak temel bir şekilde yangının meydana gelebileceği noktanın renk analizinin yapılarak değerlendirilmesi ve algoritmada belirtilen RGB renk sınıfları ile kıyaslanarak ne kadar bir benzerlik gösterdiğini tespit etmektir. Fakat, bir yangını tespit edebilmek için sadece renk sınıflarına bakmak yeterli olmayacağı için çeşitli sensörler yardımıyla durum analizi yapılarak, toplam bir sonuç elde etmek daha doğru tespit yapmayı sağlar. Bu noktada yangın başlamadan önce çıkaracağı duman, ısı ve sıcaklık artışı tespit için önemli olmaktadır. Durumu analiz etmek için duman sensörü ve ısı- sıcaklık sensörü gibi sensörlerden faydalanarak genel bir analiz yapmak gerekir. Bu noktada sadece görüntü işleme değil yapay zekâ analizi de kullanılarak durumun gerçek bir yangın olup olmadığı tespit edilebilir. Fakat insansız hava aracının yangına çok fazla yaklaşamayacağını ve sensörlerin uzaktan ölçüm yapabilecek şekilde olması gerektiği unutulmamalıdır. Ayrıca yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere dalgacık dönüşüm tekniği de kullanılarak görüntü işleme ileri bir boyuta taşınabilir ve yangın tespiti yapılabilir. Gerçek zamanlı yangın tespiti için sadece görüntü üzerinden analiz yapmak yerine oluşabilecek hataları da engellemek adına video üzerinden analiz yapmak daha etkili olacaktır. [8] Gündüz durumun analizi kamera ve sensörler ile daha kolay yapılabilir fakat gece kızıltesi kameralar kullanılması gerekmektedir. Gece duman tespiti daha zor yapılacağı için böyle bir durum oluşmaktadır. [9] Gece veya gündüz zaman aralıklarında algoritma bazı durumlarda şaşırabilecektir. Analizin yanlış yapılmasına sonuç olabilecek bazı hatalı görseller elde edilecektir. [10] Bu gibi durumlarda gelebilecek uyarılarda bir merkez tarafından görselin değerlendirilmesi sağlanabilir. Hedef noktanın analizi insansız hava aracı üzerindeki mini bilgisayar tarafından tamamlandıktan sonra ilgili merkeze haber verebilmek amacıyla baz istasyonları kullanılabilir. Daha merkezi olacak sistemlerde çeşitli uçtan uca şifreli haberleşme antenleriyle de aradaki bilgi aktarımı sağlanabilir. Bu süreçte devamlılığı ve sürekliliği sağlamak adına vardiya sistemi kullanılabilir.

Belirli bir alan otonom kontrolcüyü tanımlanarak aynı kontrolcü iki ya da daha fazla insansız hava aracına entegre edilip alanın devamlı kontrolü sağlanabilir. Çalışmalarımıza ek olarak insansız hava aracının kendi durum kontrolünü yapması ve gerektiği zaman merkeze haber göndererek şarj istasyonuna dönmesi ya da arıza bildirmesi sağlanabilir. Bu kısımda kablosuz şarj noktaları kullanılarak hiçbir müdahaleye gerek kalmadan sistemin işlemesi hedeflenebilir. [11] Periyodik olarak insansız hava araçlarının ve yazılımda oluşabilecek hataların kontrol edilmesiyle sistemin problemsiz olması sağlanabilir. Ayrıca daha büyük ve ulusal çalışmalarda uydu haberleşmesi kullanılarak tek bir merkezden kontrolün sağlanması da mümkündür. Bu şekilde ormanlarımızın veya geniş arazilerin güvenliği sağlanmış ve olası yangın durumlarında daha hızlı müdahale imkânı sağlanmış olacaktır. Tüm sisteme ek olarak geliştirilecek bir görüntü işleme algoritması ve ek kamera sistemleriyle güvenlik adına da kullanılacak bir sistem oluşturulabilir. Yangının çıktığı noktada tespit edilecek şahıslar belirlenerek bilinçli yapılacak saldırıların da önüne geçilmiş olacaktır.

5.1. Algoritma işleyişi ve akış diyagramı

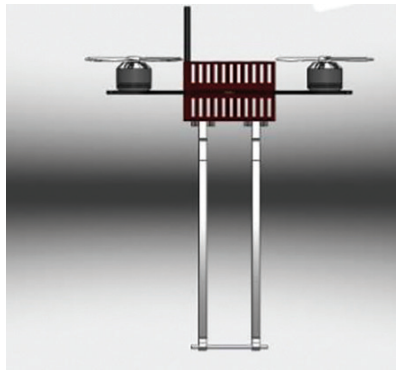
Bu algoritmadaki ana hedef bir değerlendirme sistemi oluşturarak farklı değişkenlerden ve sensörlerden gelecek bilgilerle aktif bir yangın olup olmadığını ilgili görüntüden ya da videodan tespit etmektir. Bu sistem oluşturulurken Python programlama dili kullanılmış olup OpenCV ve Matplotlib gibi kütüphanelerden yararlanılmıştır. Algoritmada ilk aşamada renk analizi, duman analizi ve ısı/sıcaklık analizi için kamera ve sensör verileri toplanıp ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Bu kısımda ayrı ayrı değerlendirme yapmanın doğru sonuçtan çok yanlış sonuç verdiği görülmüş ve birleştirilerek bir karar mekanizması oluşturulması gerektiğine karar verilmiştir. Her sensöre ve değişkene ayrı önem değerleri atanarak aktif bir yangının belirlenmesi için eşik değerleri seçilmiş ve o değerleri geçen algoritma çıktısında yangın durumu raporlanmıştır. Algoritmanın akış diyagramı Ek A'da gösterilmiştir.

6. Görsel tasarım konfigürasyonu

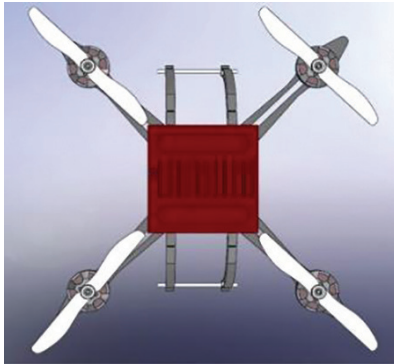
Tasarımını yaptığımız aracın görsel tasarımı sırasıyla Şekil 6 (Önden), Şekil 7 (Yandan), Şekil 8 (Üstten) ve Şekil 9 (İzometrik)'de görülebilir. Tasarım yapılırken SolidWorks programı kullanılmıştır.



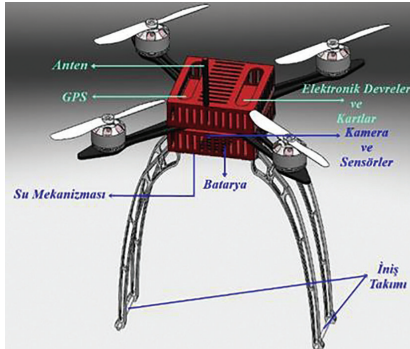
Şekil 6: Tasarlanan aracın önden görünüşü



Şekil 7: Tasarlanan aracın yandan görünüşü



Şekil 8: Tasarlanan aracın üstten görünüşü



Şekil 9: Tasarlanan aracın izometrik ve detaylı ekipman yerleşimi görüntüsü

7. Sonuçlar

Her şey göz önünde bulundurulduğunda, belli bir alan içerisinde yangın oluşumunu algılayabilecek ve otonom uçuş sağlayabilecek drone önerildi. Yangın tespiti yapacak otonom drone için temel olan malzemelerin uçuş kontrolcüsü, Raspberry Pi, USB kamera, ESC modülü, RF alıcı, RF verici ve BLDC motor ve kamera olduğuna karar verilir. Bu malzemelerin birbiri ile uyumunun sağlıklı bir drone uçuşu için önem arz etmektedir. Bu malzemelere ek olarak, insansız hava aracının tam olarak yangın tespitini algılayacak ve bunun yangın olduğuna karar verecek yapay zekâ ve görüntü işlemenin Pixhawk ile sağlanması öngörülmüştür. Yangın tespitini yapacak otonom drone için en önemli kısım ne kadar alan içerisinde ve ne kadar uzaktan tespit yapacağıdır. Ormanlık alanlar ve araziler büyük bir alan kapladığı için drone üzerinde kullanılacak malzeme ve sensörlerin bu durum göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Bu büyük alanlara belli aralıklarla drone istasyonlarının kurulması insansız hava araçlarının batarya ve arızalanması gibi durumlara yardımcı olacaktır. Hayata geçirilecek olan otonom drone sensör ve görüntü işleme sayesinde duman ve ısı algılayabilecek ve yapay zekâ ile bunun yangın olup olmadığına karar verecek ve tam olarak karar veremediği veya aksi bir durumda görüntüyü ilgili yerlerde izleyecek olanlar daha kesin sonuçlar elde edebilecektir.

Buna benzer olarak insanlara yardım etmek için tasarlanan cankurtaran drone örneği ile 2 kişinin hayatı kurtarılmıştır.[12] Boğulma tehlikesi yaşayan bir genç grubu drone ile tespit edilerek, onların bulunduğu noktaya drone ile can yeleği iletilmiş ve bu sayede kurtulmuşlardır.

Ayrıca insansız hava araçları daha birçok alanda dünya ve insanlığa yardım edebilecek potansiyele sahiptirler. Endüstride ve haritalamada zaten yaygın olarak kullanılan insansız hava araçları, tarım alanında çiftçilere yardım edebilmek için de aynı zamanda bazı projeler geliştirilmektedir. Bu proje ile bir ormanın bitki örtüsünü belirlenebilir ve yangın önleme amaçlı kuru bitki örtüsünü takip edebilir [13].

Tasarımı yapılan araç üzerinde bulunan GPS sayesinde kendisine tanımlanan belirli bir alanda kontrol faaliyetini gerçekleştirebilecektir. Buna ek olarak herhangi bir yangın durumunda şasesinin altına monte edilmiş olan su püskürtme sistemini kullanarak yangına ilk hızlı müdahaleyi gerçekleştirebilir. Üzerinde bulunan anten sayesinde belirli bir alanda bilgi

aktarımını sağlayabilir. Bir sonraki aşamada uydu haberleşme sistemini kullanarak daha uzak menzilli hedeflere bilgi aktarımını yapabilir.

Tasarımı yapılan araç dengesi için çift katlı şase tercih edilmiştir. Şasenin alt kısmında batarya, üst kısmında kartları ve elektronik devreleri olacak şekilde düşünülmüştür. Bunun sebebi ağırlık merkezini olabildiğince şasenin alt kısmında tutarak stabilizasyonu sağlamaktır. Ayrıca iniş takımı dört köşeden çıkacak ve iki noktada yere basacak şekilde simetrik olarak tasarlanmıştır. Bunun amacı iniş sırasında İnsansız Hava Aracını korumak ve ağırlık merkezini bozmamaktır. Şekil 9'da görüldüğü gibi anten şasenin üst kısmında yer almaktadır. Bu sayede haberleşmeyi engelleyecek herhangi bir unsur bulunmamaktadır. Ek olarak tasarlanan araçta sensörler ve kamera şasenin yan kısımlarında ağırlık dengesi korunacak şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 9'da tasarlanan araç üzerinde detaylı ekipman gösterimi belirtilmiştir.

8. Kaynaklar

- [1] S. Lange, N. Sunderhauf, and P. Protzel, "A vision based on-board approach for landing and position control of an autonomous multirotor UAV in GPS-denied environments," *Proc. of the International Conference on Advanced Robotics*, pp. 1-6, 2009.
- [2] T. Vladimir, D.-H. Kim, Y.-G. Ha, and D. Jeon, "Fast multi-line detection and tracking with CUDA for vision-based UAV autopilot," *Proc. of the 8th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, pp. 96-101, 2014.
- [3] J. Chudoba, M. Saska, T. Baca, and L. Preucil, "Localization and stabilization of micro aerial vehicles based on visual features tracking," *Proc. of the International Conference on Unmanned Aircraft Systems*, pp. 611-616, 2014.
- [4] H. An, J. Liu, C. Wang, and L. Wu, "Approximate back-stepping fault-tolerant control of the flexible air-breathing hypersonic vehicle," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 21, no. 3, pp. 1680-1691, 2016.
- [5] E. E. Nyein, H. M. Tun, Z. M. Naing, and W. K. Moe, "Implementation of vision-based landing target detection for VTOL UAV using raspberry Pi," *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 4, no. 8, pp. 184-188, 2015.
- [6] Bilgeş. (2015). İşçi ve İşverenlerin Kapasitelerinin Bilgi ve İletişim Teknolojileri Yoluyla Geliştirilmesi Projesi. https://bilgeis.net/docs/40_B2_1.pdf
- [7] Demirtaş, a.ş. (2019). Döner Kanatlı İnsansız Hava Araçları ile Görsel Verilere Dayalı Erken Yangın Algılama Sistemi. <https://dSPACE.ankara.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12575/69061/595782.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Töreyn, B. U., Dedeoğlu, Y., Güdükbay, U., & Çetin, A.E. (2006). Computer vision based method for real-time fire and flame detection. *Pattern Recognition Letters*, 27(1), 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.06.015>
- [9] Pan, H., Badawi, D., & Cetin, A. E. (2020). Computationally Efficient Wildfire Detection Method Using a Deep Convolutional Network Pruned via Fourier Analysis. *Sensors*, 20(10), 2891. <https://doi.org/10.3390/s20102891>
- [10] Töreyn, B. U., Dedeoğlu, Y., Güdükbay, U., & Çetin, A.E. (2006). Computer vision based method for real-time fire and flame detection. *Pattern Recognition Letters*, 27(1), 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.06.015>
- [11] Ural, H. (2018, april). Sürü Halinde Görev Yapan İnsansız Hava Araçları ve Teknolojileri. <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/kutuphane/a18af5f236773f3.pdf>
- [12] Cankurtaran Drone, İlk Kurtarma İşlemini Avustralya'da Gerçekleştirdi! <https://www.webtekno.com/cankurtaran-drone-ilk-kurtarma-islemi-avustralya-da-gerceklestirdi-h39575.html>
- [13] Drone Haritalama: Yeni Başlayanlar Kılavuzu <https://www.rembeltech.com/drone-haritalama-yeni-baslayanlar-kilavuzu/>

EK A: Otonom görme tabanlı hedef tespiti algoritması akış diyagramı

