

KARGO TAŞIMA İÇİN İNSANSIZ HAVA ARACI

Ahmet Mert Demirbaş¹, Berk İnan², Emre Can Damyanlı³
Oğuz Karaman⁴, Mustafa Can Nurten⁵, Ersin Gönül⁶,
Esin Karpat⁷, Fatih Karpat⁸

1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA'lar) günümüzde gözetleme, arazi keşfi, imha, taşımacılık, ilaçlama, yangın söndürme, uygulamalarında kullanılmaktadır. COVID-19 sürecinde önemi daha da anlaşılan teslimat işlemlerinin insanlardan arındırılması, İHA'ların bu alandaki önemini arttırmaktadır. Türkiye'de çoğunlukla askeri alanda yer edinen İHA'ların sivil hayat için de kritik bir rol üstleneceği

öngörülmektedir. Bu proje TUSAŞ Sanayi Odaklı Bitirme Projeleri kapsamında olup; ulaşılması zor, engebeli arazilere hızlı ve pratik bir şekilde erişip istenilen noktaya tıbbi malzeme yardımı yapması, alanda bırakılmış/unutulmuş tıbbi gereçlerin üsse geri getirilme ihtiyacına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada döner kanatın dikey iniş kalkış yapabilme özelliğine, sabit kanatın ise hızlı yatay uçuş kabiliyetine sahip dört tilt rotorlu VTOL tasarımı gerçekleştirilmiştir. VTOL COVID-19 nedeniyle kronik has-

¹ Öğrenci, Bursa Uludağ Üniversitesi - ahmrt@outlook.com

² Öğrenci, Bursa Uludağ Üniversitesi - berk.inan.tr@gmail.com

³ Öğrenci, Bursa Uludağ Üniversitesi - emrecandamyanli1@gmail.com

⁴ Öğrenci, Bursa Uludağ Üniversitesi - oguzkaraman.tr@gmail.com

⁵ Öğrenci, Bursa Uludağ Üniversitesi - mustafacanurten@gmail.com

⁶ Otopilot Sistemleri Başmühendisi, TUSAŞ - egonul@tai.com.tr

⁷ Dr. Öğretim Üyesi, Bursa Uludağ Üniversitesi - esinoz@uludag.edu.tr

⁸ Prof. Dr. Fatih Karpat, Bursa Uludağ Üniversitesi - karpat@uludag.edu.tr

talığı bulunan veya yaşlı insanlara malzeme taşınması için işlevsel hale gelmiştir. Sağlanması hedeflenen katkılar ise İHA'ların kullanım alanını genişletmek ve kabiliyetlerini arttırmaktır.

Kargo taşıma için insansız hava aracı projesinde uçağın yapısal tasarımı ve yapısal analizi, CFD analizi, tilt ve yük bırakma mekanizmalarının tasarımı, haberleşme protokollerinin belirlenmesi/test edilmesi/çalıştırılması, itki ve güç sistemlerinin teorik hesaplamalarını ve test edilmesi, görev idare akışı parametrelerinin belirlenmesi, uçuş kontrol sistemi ve algoritması, görev idare sistemi tasarımı, güvenlik, test ve simülasyonlar yapılmıştır.

VTOL, Quadcopter⁹ gibi kalkış yapacaktır ardından pitot tübü ile ölçülen hızı istenilen aralığa geldiğinde sabit kanatlı bir uçak gibi dört adet motoru 90 derece tilt hareketi yapacaktır. İniş aşamasında adımlar tersine tekrarlanacaktır. Üzerinde çalışmış olduğumuz çözüm; hibrit yapıdaki bir VTOL'den işaretlenen yere ani destek sağlamaktır. VTOL'un Quadcopter ile yapılan teslimatlarından üstünlüğü yönlendirilebilir itki özelliğiyle sabit kanat özelliğinin avantajını kullanarak daha hızlı teslimat yapabilesidir.

Bunun için VTOL'un içerisinde otopilot sistemi ve yedekli sistemler bulunmaktadır. Bu sayede uçuş halindeyken düşme olasılığı minimum seviyeye indirilmiştir. Testlerin sonucunda 15 dakikalık bir uçuş süresi ve 1 kg'lık faydalı yükün taşınması gerçekleştirilir. Yük ve uçuş süresi güç sistemlerinde değişiklik yapılarak kolayca azaltılıp/arttırılabilmektedir. Yönlendirilebilir itkiye ek olarak etkin derin öğrenme algoritmaları ve iniş alanı tanıma üzerinde çalışılmış olup gerçek-zamanlı elde edilen iniş alanı koordinatları sayesinde otopilota görev bilgisayarı üzerinden veri aktararak düzgün bir iniş gerçekleştirilmesi bu projenin yenilikçi yönleridir. Proje için halihazırda prototip oluşturmuş olmakla birlikte optimizasyon çalışmalarına devam edilmektedir. Ekip olarak bir tasarım üzerinde yoğunlaştıktan sonra hesaplanan ölçüler dahilinde straforan üretmiş olduğumuz insansız hava aracımıza karbon borular yardımıyla kanat, kuyruk, yönlendirilmiş itki sağlayan motorların ana gövdeye bağlantısı yapılmıştır. Prototip testlerinin tamamlanmasının ardından uçak karbon fiber kumaş ile kaplanacaktır.

2. YÖNTEM

2.1 Kavramsal Tasarımı

Kavramsal tasarım, tasarımın ilk adımı olarak belirlenen görevlerin yerine getirebilmesi için gerekli olan mekanizma ve ekipmanların belirlenmesidir. Ekipmanların belirlenmesinin ardından insansız hava aracının tahmini ağırlığı belirlenmiştir.

Ana uçak konfigürasyonu: Güvenilirliği ve basitliği sebebiyle monoplane uçak yapısı seçilmiştir.

Kanat konfigürasyonu: Ortadan monte ve dikdörtgen kanat olarak belirlenmiştir. Ortadan montaj tipi, kanadın gövde ile birleşim yerinde fazladan alan yaratmaması nedeniyle ve sürüklemesi en az olan tasarım şekli olduğu için seçilmiştir. Dikdörtgen kanat yapılandırılması ise üretim kolaylığı ve taşıma kaybı başlangıcının kanat kökünde oluşması sebebiyle tercih edilmiştir.

Kuyruk konfigürasyonu: Dikey ve yatay kuyruk bir arada kullanıldığı için sürüklenme daha az ve daha hafiftir. [1]

Yük kompartımanı: İniş esnasında pervane ile yer arasında mesafeyi koruması ve havada yük bırakma görevleri için gövde altı yerleşimi seçilmiştir.

İniş takımı: İniş takımı olarak her motorun etrafında bir tane olacak şekilde karbon fiberden üretilen iniş takımı seçilmiştir.

İtki sistemi: Tilt mekanizmasına sahip dört adet fırçasız doğru akım motoru kullanılmıştır.



Şekil 1. VTOL Kavramsal Tasarımı



Şekil 2. SD7062 Kanat Profili [2]

⁹ Quadcopter: Dört motorlu yerden dikey olarak kalkış yapabilen hava araçlarına verilen genel addir.



Şekil 3. NACA 0012 Kanat Profili [2]

Kanat profili seçimi, uçağın seyir hızını, stall¹⁰ karakteristiğini, kalkış ve iniş mesafelerini ve diğer aerodinamik özelliklerini etkilemesi nedeniyle önemli tasarım kriterlerinin başında gelir. Kanat profili olarak model planör için geliştirilen SD7062; kuyruk için ise simetrik kanat profili olan NACA 0012 seçilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3 'te bu kanat profilleri verilmiştir.

2.2 Detay Tasarım

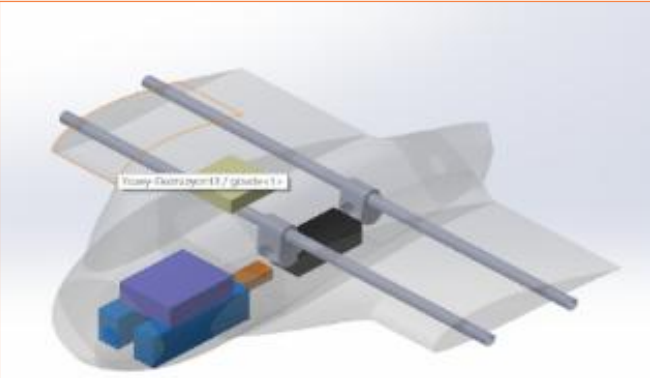
Detay tasarım aşamasına uçağın başlangıç ağırlık tahmininin hesaplanmasıyla başlanmıştır.

2.2.1 Başlangıç Ağırlık Tahmini

Hava aracının ağırlığı; faydalı yük, itki sistemi ve boş ağırlık olarak üçe ayrılır. Bu hesap kanat alanının belirlenmesi için yapılmaktadır [3]. Başlangıç değeri olarak kalkış ağırlığı 6 kg olarak belirlenmiştir. Elde edilen bağıntılar iterasyon yapılarak tahmini toplam kalkış ağırlığı 5,18 kg civarına yakınsamıştır. Belirlenen bu ağırlığa göre taşıma denklemi kullanılarak gerekli kanat alanı bulunmuştur.

2.2.2 Gövde Boyutlandırması

Gövde boyutlandırması, gövde içine yerleştirilecek paralı yük elemanları, kanat ve iniş takımları yapısal bağlantıları dikkate alınarak yapılmıştır. Gövde içinde olması planlanan elektronik parçaların öncelikle CAD modelleri oluşturulmuştur. Yapılan gövde ve iç yerleşimi Şekil 4'te gösterilmiştir.



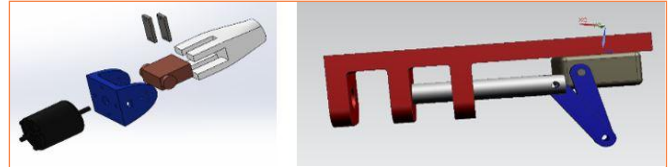
Şekil 4. Gövde ve İç Yerleşimi

2.2.3 Tilt ve Yük Bırakma Mekanizmasının Tasarımı

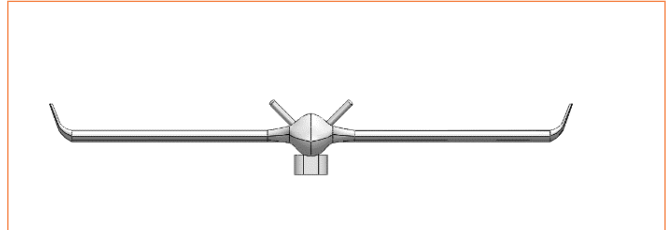
Geliştirilen tilt mekanizması titreşim ve motorun oluşturduğu kuvvetler altında sorunsuz şekilde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan tilt mekanizmasının üretimi için 3D printer kullanılmıştır. Şekil 5'te tilt mekanizmasının tasarımı ve montajı gösterilmiştir. Kargo gövde dışarısında taşınacak şekilde tasarım yapılmıştır. Bu sayede taşınan kargo gerek havada gerekse yerde sorunsuzca bırakılabilecektir. Bu isterleri sağlayabilecek bir yük bırakma mekanizması Şekil 5'te görülmektedir. Yükü bırakmak için gereken kontrol servo motor tarafından sağlanacaktır. Mekanizmanın üretimi 3D printer ile yapılacaktır.

2.2.4 Winglet¹¹ Tasarımı

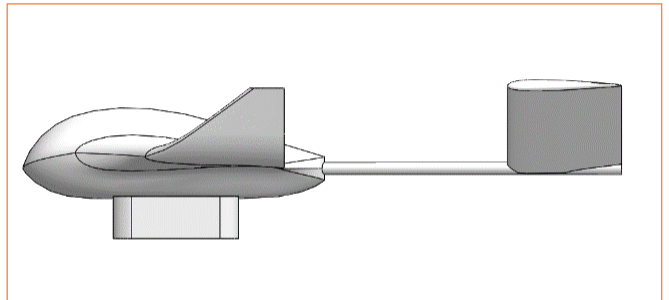
Kıvrık tip ("Blended") kanatçık modeli SOLIDWORKS programında tasarlanmıştır. Eğrilik açısı (Cant angle) 70 derece, Uç Veter (Tip Chord) 75mm, Ok Açısı (Sweep Angle) 20 derece, Sivirlik Açısı (Taper Angle) : 37.5 derecedir.



Şekil 5. Tilt ve Yük Bırakma Mekanizması Tasarımı



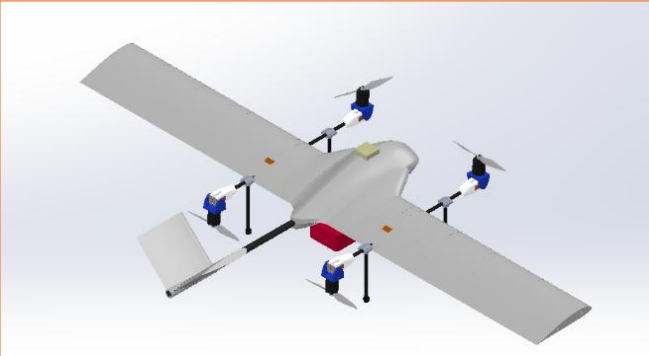
Şekil 6. Tasarlanan Winglet Önden Görünüm



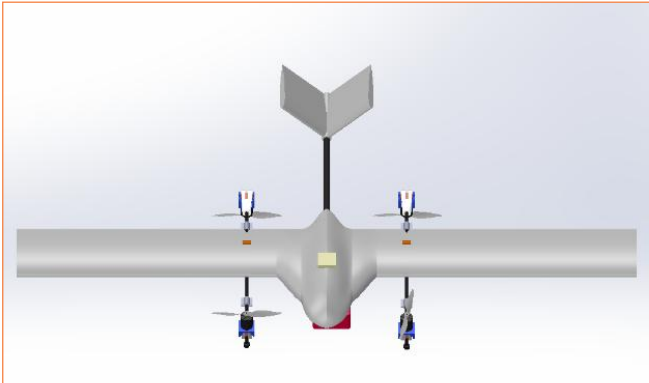
Şekil 7. Winglet Yandan Görünüm

¹⁰ Stall: Her uçağın dizaynına göre havada tutunma sürati vardır. Eğer uçak hızı bu süratin altına düşerse, uçağın kanadında oluşan kaldırma kuvveti uçağın ağırlığını kaldıramaz ve STALL meydana gelir.

¹¹ Winglet: Kanat uçlarında oluşan düzensiz akışlardan hava aracının daha az etkilenmesini sağlayan kanatçıklardır.



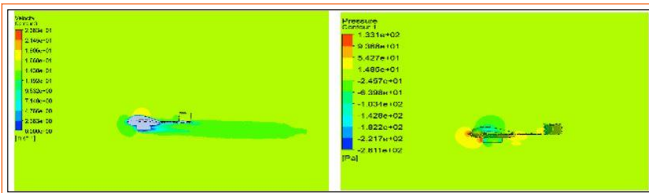
Şekil 8. Tasarım Çalışmalarının Sonucu Üstten Görünüm Farklı Açı



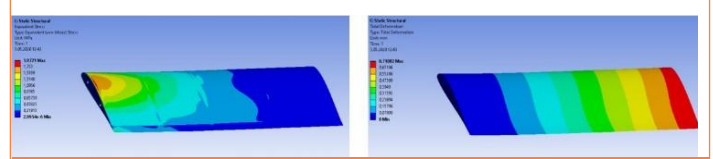
Şekil 9. Tasarım Çalışmalarının Sonucu Üstten Görünüm

2.3 Analiz

Bu bölümde VTOL'un yapısal ve CFD analizleri gerçekleştirilmiştir. CFD analizlerden elde edilen basınç değerleri yapısal analiz için yapısal model üzerine aktarılmıştır. VTOL etrafında oluşan basınç ve hız dağılımı Şekil 10'da gösterilmiştir. VTOL modeli dikdörtgen bir kontrol hacmine alınmış ve akış bu kontrol hacmi içerisinde sağlanmıştır. Viskozite modeli k-omega türbülanslı olarak seçilmiştir. Analiz sonuçlarından yararlanarak uçağın 15m/s hıza sahip iken elde edilebilecek "lift"¹² kuvveti ve "drag"¹³ kuvvetleri bulunmuştur. Ayrıca uçağın ağırlık merkezi etrafında oluşan moment analizler sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 10. VTOL Üzerinde Oluşan Hız ve Basınç Değerleri

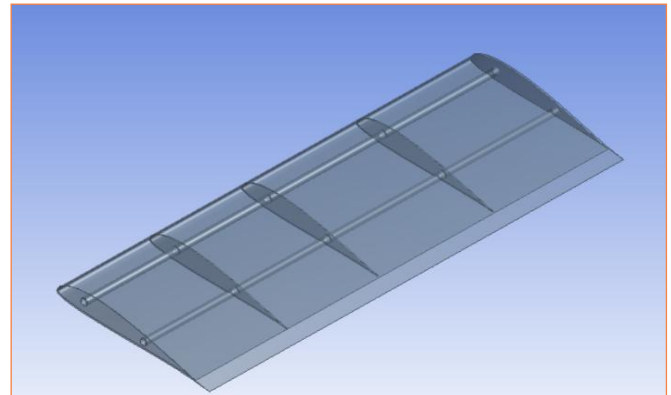


Şekil 11. Kanat Gerilme ve Deformasyon Miktarı

Oluşturulan kanat modeli için ilk önce CFD analizi ile kanat yüzeyinde oluşan basınç değerleri daha sonra ANSYS sonlu elemanlar modelinde burkulma gerilme ve doğal frekans analizleri yapılmıştır. Statik analiz yapıp kanadın sabitlenmesi bu aşamada yapılmıştır. Bu analiz neticesinde yer değiştirme ve Von Mises mukayese gerilme analiz sonuçları Şekil 11'deki gibi elde edilmiştir. Kanat gerilme değerleri $2.9994e-6$ N/mm'dan 1.9721 N/mm değerine kadar, deformasyon miktarı 0'dan 0.71082 değerine kadar belirli bölgelerde artmaktadır.

ANSYS programını kullanarak uçağın kanatlarının analizleri yapılmıştır. Kanat, ANSYS FLUENT programının modeller kısmında daha önce uçakta tasarlanan kanatla birebir aynı olacak şekilde modellenmiştir. Analizler ise uçağın 15 m/s seyir hızındaki yapısal durumuna göre yapılmıştır.

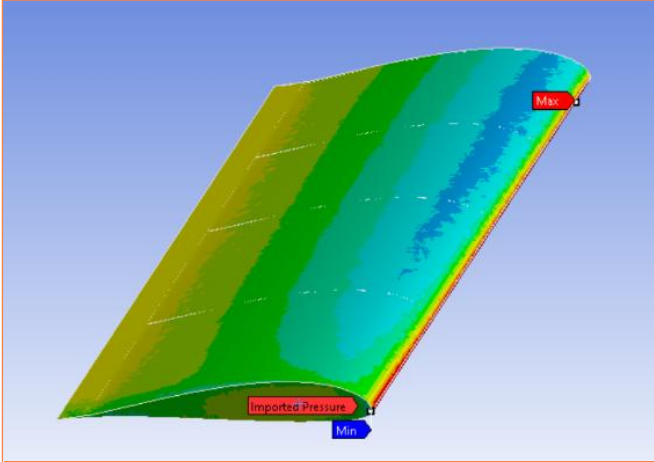
Yapılan analiz sonuçlarında 15 m/s seyir hızında uçak etrafında oluşan sürüklenme kuvveti 6.34334 N olarak bulunmuştur. Aynı seyir hızında kanatlar tarafından sağlanan kaldırma kuvveti 66.0555 N olarak bulunmuştur. Bu değer 6 kg ağırlığındaki uçağın uçabilmesi için yeterli bir kuvvettir. Uçağın ağırlık merkezi etrafında oluşan momenti hesaplamak için yine FLUENT analizinden yararlanılmış-



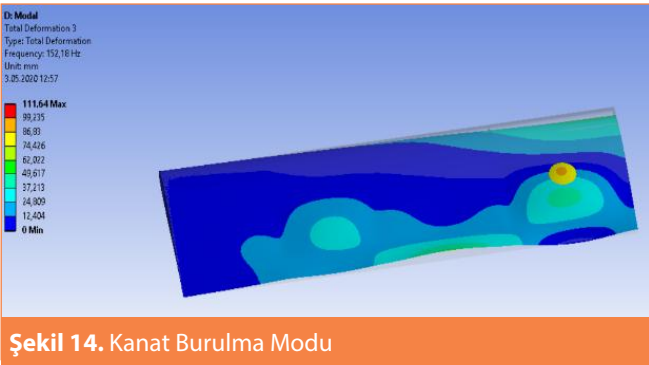
Şekil 12. ANSYS Programında Modellenmiş Uçak Kanadı

¹² Lift: Uçağa etki eden kaldırma kuvvetidir

¹³ Drag: Uçağa etki eden sürtünme kuvvetidir.



Şekil 13. FLUENT Analizinden Alınan Basınç Noktaları



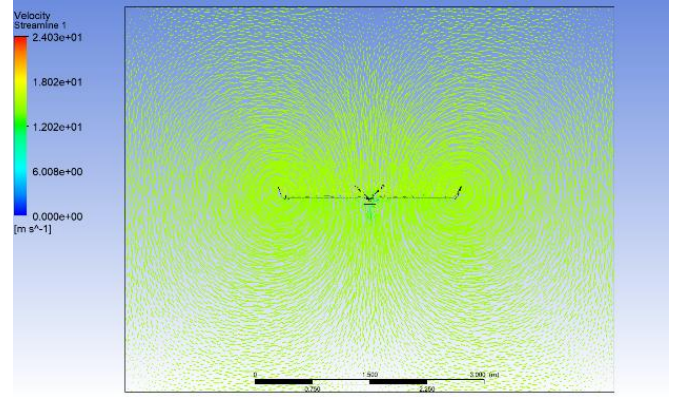
Şekil 14. Kanat Burulma Modu

tır. Uçağın ağırlık eksenini etrafında oluşan moment değeri 0.169578 N-m olarak bulunmuştur. Bu değer kuyrukta bulunan kontrol yüzeyleri sayesinde kontrol edilebilir.

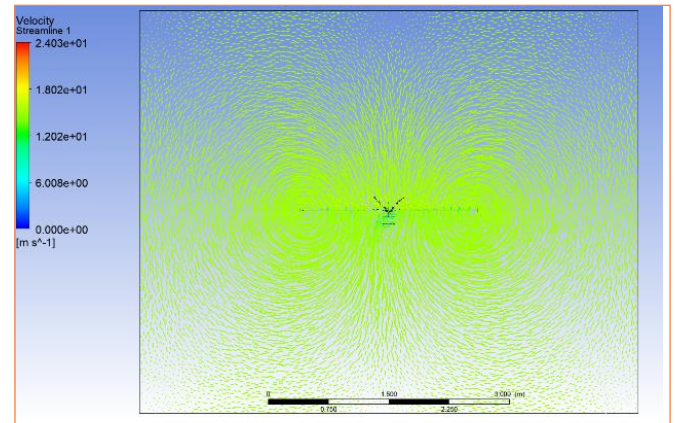
Uçak etrafında oluşan sürüklenme kuvvetini azaltmak için kanat uçlarında oluşan girdap akımlarının azaltılması gerekmektedir.

Tablo 1. Kanat Üzerine Uygulanan Frekans Değerleri

Mod	Frekans(Hz)
1	30,912
2	125,43
3	152,18
4	163,76
5	173,31
6	191,48
7	193,48
8	210,35
9	249,49
10	262,08



Şekil 15. Wingletli Girdap Akımları



Şekil 16. Wingletsiz Girdap Akımları

Statik yapısal analiz bittikten sonra aynı kanat üzerine "modal" (dinamik) analiz uygulanmıştır. Bu analizde 10 farklı frekans değeri için analiz yapılmıştır.

Tasarlanan "Wingletler" ANSYS programında FLUENT programında analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre kanat ucundaki girdap akımları azalarak winglet uçlarına doğru ilerlemiştir. Kanatta oluşan kuvvetler normal kanatta oluşan sürüklenme ve kaldırma kuvveti değerleri olarak sırasıyla 6.34334 N ve 66.0555 N dir. Winglet olan kanatta oluşan sürüklenme ve kaldırma kuvveti sırasıyla 6.27425 N ve 73.962 N'dur.

Buradan anlaşıldığı gibi sürüklenme kuvvetinde hızın çok yüksek olmaması nedeniyle fazla bir artış gözlenmemiştir. Ancak kaldırma kuvvetinde 7,9065 N değerinde bir artış gözlenmiştir. Elde edilen bu veriler ve "winglet" üretiminin yaratacağı zorluklar düşünülerek tasarımı uygun bulunmamıştır.

2.4 Uçuş Kontrol Sistemi

Otopilot olarak GNSS¹⁴ GPS¹⁵, hız sensörü, gerilim ve akım ölçüm modülü eklenebilen, yer istasyonu ile gerçek zamanlı iletişim kurabilen, önceden belirlenmiş bir uçuş planını takip edebilen, dahili IMU¹⁶'ya sahip olan VTOL konfigürasyonuna izin veren açık kaynaklı ve 300 g'dan hafif olması dolayısıyla Pixhawk 2.1 Cube seçilmiştir. Yer kontrol istasyonu olarak Mission Planner kullanılmıştır. Şekil 17'de aviyonik şema gösterilmiştir. Yer istasyonunda firmware¹⁷ olarak ArduPilot kullanılmıştır.

Yer kontrol istasyonu ile VTOL noktadan noktaya gerçek zamanlı iletişim kurmak için 433 MHz radio telemetri kullanılmıştır. Gerçekleştirilecek görevden dolayı VTOL'den anlık görüntü almak gerekmektedir. Aktarım için 5.8 GHz 48 kanallı verici-alıcı kullanılmıştır. RC¹⁸ kumanda ile manuel uçuş/otonom uçuş, aileron, elevator kontrolü, uçuş modlarının göreve göre pilot komutlarıyla özelleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucu alıcı ve verici taraftaki sinyal gücü, sinyal gürültüsü gibi verilerle beraber mesafesi 1200 metre olarak ölçülmüştür.

"MissionPlanner" üzerinden VTOL kontrolü; dikey kalkış için QSTABILIZE modu, kalktıktan sonra FBWA (Fly-By Wire A) modu ile sabit kanat uçuşu yapılacaktır. İniş aşamasında ise QRTL modu ile birlikte dikey iniş gerçekleştirilecektir. Uçuş modlarında sınırları belirlemek, güvenli

uçuşu desteklemek, uçuş esnasında hava aracının davranışlarını kestirmek amacıyla kullanılan bazı parametreler aşağıda verilmiştir:

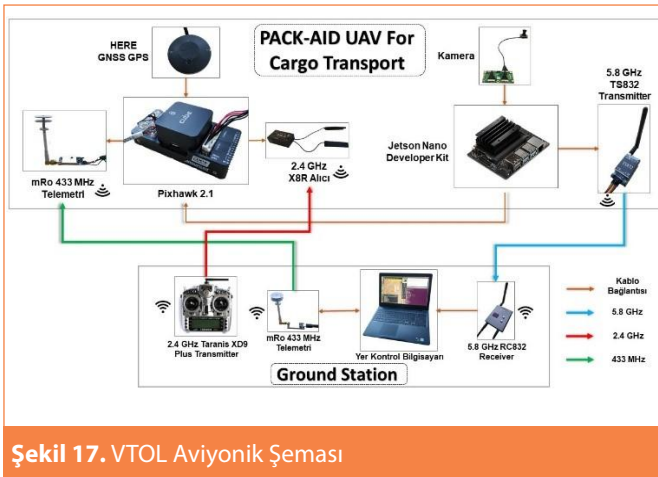
- "Q_FRAME_CLASS" parametresi değeri, hava aracı QUAD iskelete sahip olduğundan 1 seçilmiştir.
- "Q_FRAME_TYPE" ile birlikte VTAIL tipi seçilmiştir.
- "Q_TILT_MASK" parametresi ana mimariye göre hangi motorların tilt olacağı seçilmektedir.
- "Q_TILT_MAX" ile tilt servoların maksimum dönebileceği konum ayarlanır ve derece cinsinden değer girilir.
- "Q_TILT_RATE_UP/DN" parametreleri ile birlikte tilt servoların yukarı ve aşağı dönme hızı değerleri girilir. Yukarı dönme hızı aşağıya göre yüksek olmalıdır.
- "ARSPD_FBW_MIN" ile uçak modunda stall hızı değeri girilmektedir. Bu parametre ile birlikte uçak modundaki hız, stall hızının altına düşerse drone moduna geçiş sağlanır.
- "ARSPD_FBW_MAX" ile uçak modundaki maksimum uçuş hızı değeri belirlenir.

2.5 Görev İdare Sistemi

Projenin renk segmentasyonundan bağımsız olması derin öğrenme kullanılarak doğru bir kargo teslim alanı tespiti yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Projede kullanılan ve Şekil 18'da gösterilen GPU¹⁹"NVIDIA Jetson Nano" dur. "64 – bit ARM CPU", "128 CUDA çekirdekli Maxwell" mimarisi barındırmaktadır [4]. Düşük güç tüketimi ve portatif yapıda olması VTOL içi yerleşimi için ideal olmakla birlikte; derin öğrenme modeli için de isterleri sağlaması ile projedeki görev bilgisayarı görevini üstlenmektedir.

Kargo teslim alanı tespit etme görevi için transfer learning adı verilen yöntem tercih edilmiştir. Daha önceden farklı bir problem için eğitilen bir modeli kendi problemine göre konfigüre edip kendi oluşturduğu dataset üzerinden eğitimin yapılması fikrine dayanmaktadır. Kullanılan model SSD ("Single Shot Detector") MobileNet v2'dir. Yüksek çıkarım hızı, ezberleme ("overfitting") azaltma ve yüksek doğruluk dolayısıyla tercih edilmiştir[5].



Şekil 17. VTOL Aviyonik Şeması

¹⁴ GNSS: GNSS: Küresel navigasyon uydusu sistemidir. Uzaydan sinyaller yollayan ve bir kullanıcının Dünya'daki coğrafi konumunu belirlemek için küçük uyduları kullanan bir uydusu navigasyon sistemi olarak tanımlanabilir.

¹⁵ GPS: En az dört GPS uydusunu görebilmeleri şartıyla coğrafi konum ve saat bilgisi sağlayan küresel uydusu navigasyon sistemlerinden biridir.

¹⁶ IMU: Inertial Measurement Unit olarak adlandırılır. İçerisinde ivmeölçer jiroskop ve manyetometre bulunmaktadır.

¹⁷ Elektronik bileşenlere işlevlerini tam olarak nasıl yerine getireceklerini bildiren yazılımlardır.

¹⁸ RC: Radyo Kontrolcü kumanda olarak adlandırılır.

¹⁹ Grafik işlemlerini gerçekleştiren işlemci olarak adlandırılır.



Şekil 18. NVIDIA Jetson Nano ve Raspberry Cam-v2

Oluşturulan modelin eksiksiz bir şekilde "Jetson Nano" üzerinden çıkarım yapması sağlanır. Jetson Nano ise eğitilen model sonrası alınan "frozen graph"²⁰ dosyasının oluşturulan "script"²¹ aracılığıyla algılama işlemini yapar.

3. DENEYLER

3.1 Kargo Teslim Alanı Tespiti Adımları

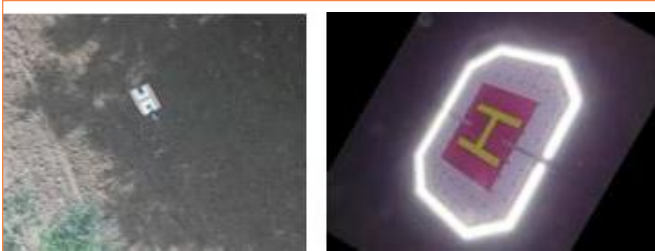
Projede tespit edilecek tek nesne iniş alanı olarak adlandırıldığı ve "H" harfi ile sembolleştirdiğimiz bir platformdur. İnternet üzerinden ve başka bir drone aracılığıyla gerçek iniş alanı görselleri toplanmıştır.

3.1.1 Veri Toplama ve Arttırma

Elde edilen görselleri veri arttırma ("data augmentation") işlemine tabi tutarak görsellere gürültü ekleme, zoomlama, döndürme gibi işlemler uygulanarak veri sayısı 1000'e yaklaştırılmıştır.

3.1.2 Veri Etiketleme

Bu işlemde elde edilen tüm verilerin "PASCALVOC" ölçütü ile insan tarafından elle belirlenmiş nesne koordinatları xml dosyasına kaydedilerek algoritma tarafından belirle-



Şekil 19. Data Augmentation İşlemi

necek koordinatlar için temel oluşturmaktadır.

3.1.3 TFRecord Dosyaları Oluşturma ve Eğitim İşlemi

Modelde "train" ve "test" adlı iki farklı veri dosyası bulunmaktadır. Veriler 80 / 20 oranında ayrıştırılır. Eğitim "Tensorflow" üzerinden gerçekleştirileceği için sistemin eğitimde dahil olacak verileri tanıyabilmesi gerekmektedir[6]. Önceki adımdaki oluşan xml dosyalarının sırasıyla test ve train diye ayrıldığı ".csv" formatına dönüştürme işleminde, "train.record" ve "test.record" dosyaları altında eğitim konfigürasyon dosyasında kullanılmak üzere uygun hale getirilmiştir.

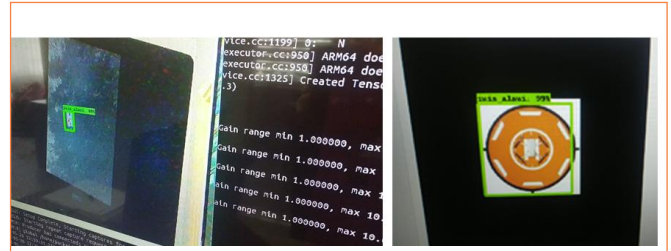
"Transfer Learning" prensibiyle kullanılmış olan "SSD MobileNet v2" modelinde projeye göre güncellenen ayarları bağlamında yaklaşık dört saatlik bir eğitim sonucu 19000 adımlı ve 1,1 kayıp değeriyle model eğitimi tamamlanmıştır.

3.1.4 Kargo Teslim Alanı Tespiti

Eğitim sonucu modelin "Jetson Nano" üzerinde çalıştırılabilmesi için; "frozen inference graph"²¹ dosyasını ve tek nesne olan "iniş_alani" nesnesini barındıran "labelmap" dosyasını bulundurması yeterlidir. VTOL'ün doğru iniş yapabilmesi için tahmin edilen kargo teslim alanı "bounding box"²² içerisine alınıp nesnenin orta noktasının çıktığı olarak yazdırılması yapılmıştır. Şekil 20'de yukarıda anlatılan işlemlerin gerçek bir kargo teslim alanı tespit çıktısı gösterilmektedir. "Jetson Nano" üzerinde çalıştırılan python scripti esnasında 6 ~ 7 FPS²³ ve %80~%99 arasında doğru çıkarımlar elde edilmiştir.

3.2 Gazebo Ortamı, Mavros Bağlantısı ve Dronekit ile Simülasyon Çalışmaları

VTOL'ün uçuş esnasındaki davranışlarını görebilmek için



Şekil 20. Kargo Teslim Alanı Tespiti

²⁰ Eğitilmiş olan derin öğrenme modelinin uygulamada kullanılmadan önceki nihai dosya biçimidir.

²¹ Eğitilen modelin test edildiği program.

²² Tespit edilmek istenilen nesnenin modele tanıtılması için etiketleme işlemini sağlayan dikdörtgen içerisine alıp eğitime durumudur.

²³ FPS: Frame Per Second/Saniyelik Görüntü Sayısı



Şekil 24. VTOL Hedeflenen Nihai Tasarımı

muştur. Uçuş gerçekleştirilmeden önce yapılan analiz ve simülasyonlar aracılığıyla uçağın farklı durumlar karşısındaki tepkisi ölçülmüştür. Bu proje COVID-19 nedeniyle aksamaya giren taşıma aktivitelerini kolaylaştırabilir. Aynı zamanda askeri alanda tıbbi ve askeri teçhizat taşıyabilme kabiliyetlerine sahiptir. Yük taşıma kapasitesi güç ve itki sistemlerinde konfigürasyonlar yapılarak artırılabilir.

6. TEŞEKKÜR

TÜBİTAK 2242 programında Marmara Bölgesi savunma sanayi alanında birinci olan projemizi destekleyen Türk Havacılık ve Uzay Sanayii LIFT-UP programına, TÜBİTAK 2209/B programına teşekkür ederiz.

Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Bursa Uludağ Üniversitesi ve TÜBİTAK'a sanayi danışmanlığı, akademik danışmanlık, maddi destek ve atölye kullanım imkanları için teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **Karagöz, Ö.** 2011. "Mini İnsansız Hava Aracı Tasarımı ve Üretimi", Doktora Tezi, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü., İstanbul
2. airfoil. [Çevrimiçi]: <http://airfoiltools.com/>.
3. **Özalbant Z.** 2016. "Açı Verilebilir Pervane Sistemine Sahip İnsansız Bir Hava Aracının Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Tecrübeleri", Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Havacılık Bilimleri Fakültesi, Eskişehir.
4. **Franklin D.,** 2020. "Jetson Inference" <https://github.com/dusty-nv/jetson-inference>, 01.05.2020.
5. **Liu, W.** 2016. "SSD: Single Shot MultiBox Detector".
6. **Jung J.** 2019. "JK Jung's blog", <https://jkjung-avt.github.io/>, 12.04.2020.
7. **Özdemir, U.** 2015. "Dikey İniş Kalkış Yapabilen Sabit Kanatlı İnsansız Hava Aracı Tasarımı, Üretimi ve Uçuş Testleri", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.