



ULUSLARARASI SERBEST
GÖREV İNSANSIZ HAVA
ARAÇLARI YARIŞMASI DETAYLI
TASARIM RAPORU



TAKIM ADI: AZURE		
ARAÇ TÜRÜ: Sabit Kanat		
ARAÇ GELİŞTİRME ŞEKLİ	Yeni Araç	
OKUL / KURUM / ÜNİVERSİTE ADI: KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ		
TAKIM SORUMLUSU ADI/SOYADI: Harun Bilal BALKAYA		

1. ORGANİZASYON ÖZETİ

1.1 Takım Organizasyonu



2. DETAYLI TASARIM RAPORU

2.1 Tasarım ve Uçuş Kararlılığı

Kaldırma, ağırlığın karşıt kuvvetidir ve kanat, kaldırma kuvvetinin neredeyse tamamını oluşturur. Öncelikle gerekli kaldırmayı bulmak için parçaların ana ağırlığı belirlenmelidir. Daha sonra boyutlar ve kanat profili anlamına gelen gerekli geometri tasarlanmalıdır. Sürüklenme kuvveti ve kaldırma kuvveti, sırasıyla sürüklenme katsayısı ve kaldırma katsayısı kullanılarak da yazılabilir.

Kaldırma Kuvveti:

$$F_L = \int d F_L = - \int (P \sin \theta + \cos \theta) dA$$

Drag ve Lift kuvveti sırasıyla şöyle de yazılabilir.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho AV^2 C_D$$

$$F_L = \frac{1}{2} \rho AV^2 C_L$$

Reynolds sayısı, uçağın kanat profilini belirlemek için anahtar parametredir. Reynolds sayı aralığı, varsayımsal ortalama aerodinamik kiriş ve hız aralığı kullanılarak tahmin edilmiştir.

$$Re = \frac{\rho v c}{\mu}$$

ρ = akışkanın yoğunluğu

v = akışkanın kinematik viskozitesi

μ = akışkanın dinamik viskozitesi

$$13 * 10^3 < Re < 40 * 10^3$$

c = karakteristik lineer boyut

Parazit (Sıfır Kaldırma) Sürükleme:

Sıfır kaldırma sürtünme katsayısının hesaplanmasında uçağın her bir bileşeni ayrı ayrı ele alınmıştır.

$$C_{D_{of}} = C_f f_{LD} f_M \frac{S_{wet_f}}{S}$$

Gövdenin sıfır kaldırma sürtünme katsayısı yukarıdaki denklem

kullanılarak hesaplanabilir. Bu formülde C_f , yüzey sürtünme

katsayısı anlamına gelir ve şu şekilde gösterilir;

$$C_f = \frac{1.327}{\sqrt{Re}}$$

Re , Reynolds sayısıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$Re = \frac{\rho VL}{\mu}$$

f_{LD} gövde uzunluk-çap oranının bir fonksiyonudur. Şu şekilde tanımlanır:

$$f_{LD} = 1 + \frac{60}{\left(\frac{L}{D}\right)^3} + 0.0025 \left(\frac{L}{D}\right)$$

Burada L gövde uzunluğu ve D maksimum çaptır. Gövde kesiti daire olmadığı için eşdeğer çapı maksimum diyagonal olarak alınır.

f_M Mach sayısının (M) bir fonksiyonudur. Şu şekilde tanımlanır:

$$f_M = 1 - 0.08M^{1.45}$$

Kanat ve Kuyruk:

Kanat tasarımı için birçok geometrik husus vardır. Optimize edilmiş bir konfigürasyon sonucu elde etmek için kanat yerleşimi ve üstten görünüm geometrisi göz önünde bulundurulacaktır. Görev gerekliliklerini sağlamak için tasarım süreci çoğunlukla stabiliteye dayalı olacaktır. FoM (Başarım Ölçüsü) dikkate alınarak detaylı incelemeler yapılacaktır. Bir uçağın görev analizlerinde ve yapımında bahsedilen ana parametrelerin yanı sıra; arka planda otopilot sistemi, görüntü işleme ve takibi yetenekleri en önemli özelliklerdir. Bu sistemlerin performansı İHA'nın temel özelliklerinden doğrudan etkilenmez ancak dolaylı olarak yüksek stabilite ve düşük hız ile daha iyi çalışmaları düşünülmektedir. Kullanılan airfoil yapısı yapılan analizler ve hesaplamalar sonucu ihtiyacımız olan kaldırma kuvvetini sağlayacak olan NACA 6409 olarak tercih edilmiştir.

Düşük hız amaçlanmış olsa da hızın da önemi olduğundan stabiliteden ödün vermeden biraz artırılacaktır. Bunun için parazit sürüklemesi minimize edilmeye çalışılacaktır. Düşük sürtünme ayrıca daha düşük itme gerekliliği, dolayısıyla daha düşük tahrik gereksinimi ve ağırlık sağlar. Ayrıca konfigürasyonları seçmek için FoM (Figure of Merit) rakamında sürüklenme azaltma parametresi yer alacaktır.

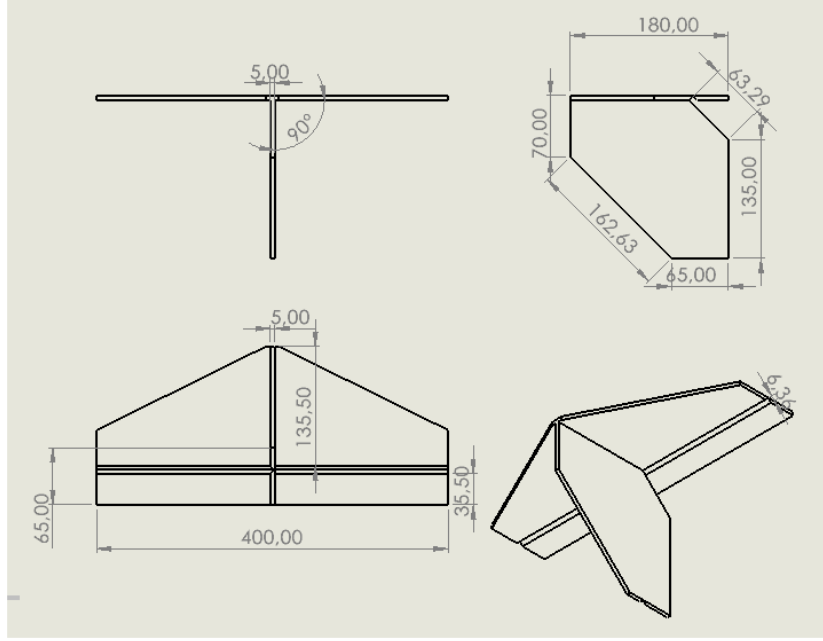
$$C_{D_{ow}} = C_{f_w} f_{tc_w} f_M \left(\frac{S_{wet_w}}{S} \right) \left(\frac{C_{d_{min_w}}}{0.004} \right)^{0.4} \quad (1)$$

$$C_{D_{ht}} = f_{tc_{ht}} f_M \left(\frac{S_{wet_{ht}}}{S} \right) \left(\frac{C_{d_{min_{ht}}}}{0.004} \right)^{0.4} \quad (2)$$

$$C_{D_{vt}} = C_{f_{vt}} f_{tc_{vt}} f_M \left(\frac{S_{wet_{vt}}}{S} \right) \left(\frac{C_{d_{min_{vt}}}}{0.004} \right)^{0.4} \quad (3)$$

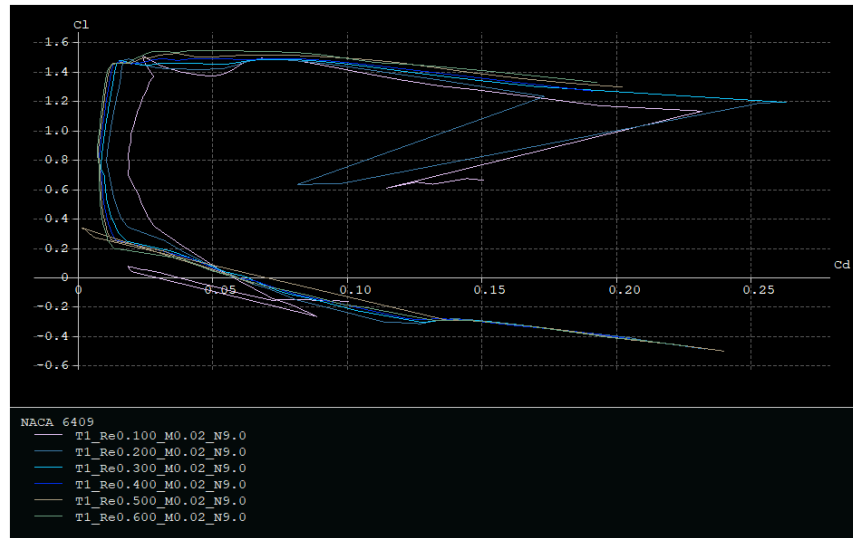
Kanat için Denklem 1, yatay kuyruk için Denklem 2, dikey kuyruk için Denklem 3 kullanılabilir. Bu formüllerde, gövdeden farklı olan f_{tc} değeri vardır ve bu, bileşenin maksimum kalınlığının bir fonksiyonudur.

Uçak Performans Grafiği



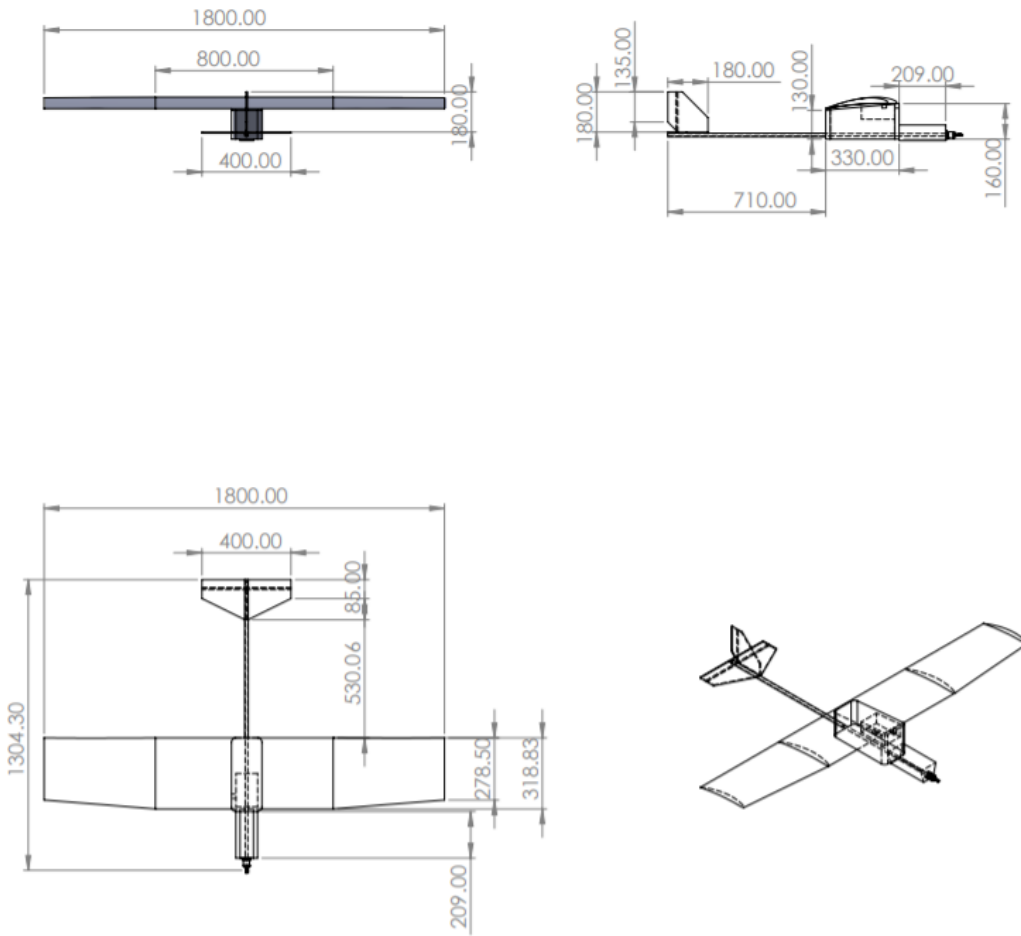
Şekil 2.1.1 Kuyruk takımı teknik çizim gösterimi

CD_{min} , deneylerle elde edilen ve $CL - CD$ grafiklerinden çıkarılan kanat veya kuyruk için kullanılan kanat profilinin minimum sürtünme ve kaldırma değerlerine ulaşılır. Bu, kanat profilinin geometrisine bağlıdır.



Şekil 2.1.2 $CL - CD$ grafikleri

İtki - Ağırlık Oranı	0.8
Stall Hızı	32-39 km/h
Tavsiye Edilen Hız	52 km/h
Maksimum Hız	104 km/h
Maksimum Pervane Gücü	482 W
Elektrik Gücü	612 W
Maksimum Tırmanış Açısı	31 °
Yükseliş zamanı (50 m)	7s



Şekil 2.1.3 Uçağın teknik çizim gösterimi

2.2 Kabiliyet

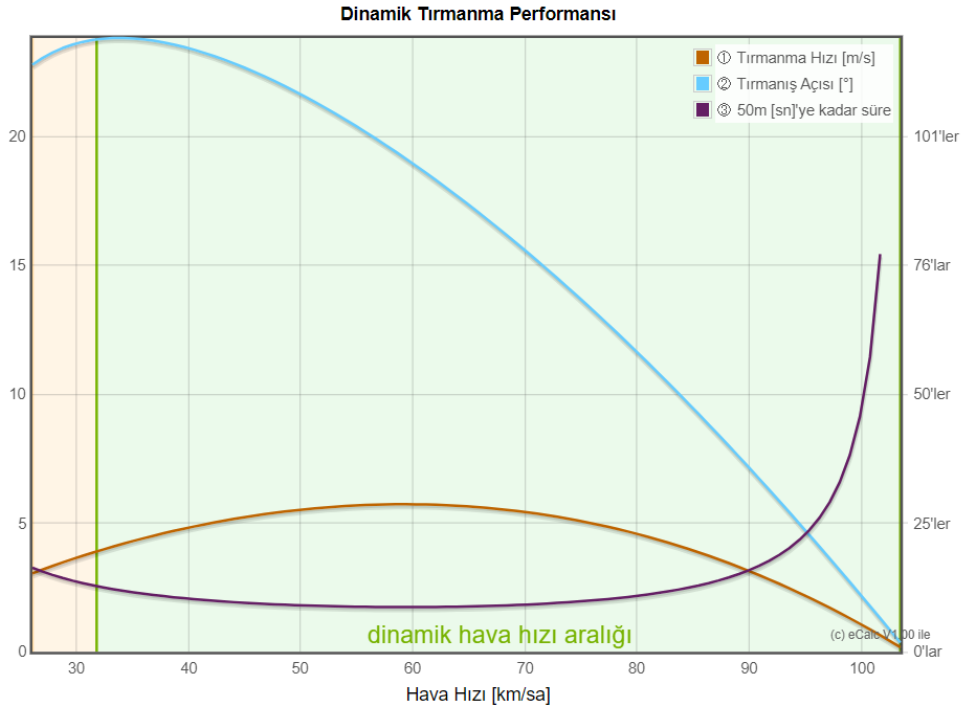
Pervane	İtki	Akım	Gerilim	Güç	Verim	İtki	İtki	Yunuslama hızı	Motor Çalışma Süresi
d/d	%	A(DC)	V(DC)	W	%	g	g/W	Km/h	Dk
2400	24	1.1	14.8	16.0	93.9	214	13.4	29	145.7
3000	30	1.9	14.8	27.5	72.6	335	12.2	37	84.6
3600	36	3.0	14.7	44.0	78.3	482	11.0	44	52.7
4200	42	4.6	14.7	66.6	82.1	656	9.8	51	34.7
4800	49	6.6	14.7	96.5	84.6	857	8.9	59	23.9
5400	55	9.3	14.6	134.5	86.4	1085	8.1	66	17.1
6000	62	12.6	14.6	181.9	87.6	1339	7.4	73	12.5
6600	69	16.7	14.5	239.8	88.5	1620	6.8	81	9.5
7200	76	21.8	14.4	309.3	89.1	1928	6.2	88	7.3
7800	83	27.8	14.3	391.5	89.5	2263	5.8	95	5.7
8400	91	35.0	14.1	487.5	89.7	2625	5.4	102	4.5
9000	99	43.5	14.0	598.6	89.9	3013	5.0	110	3.6
9087	100	44.9	13.9	617.3	89.7	3071	5.0	111	3.5

Tablo: Motorun Sağladığı İtki Değerleri

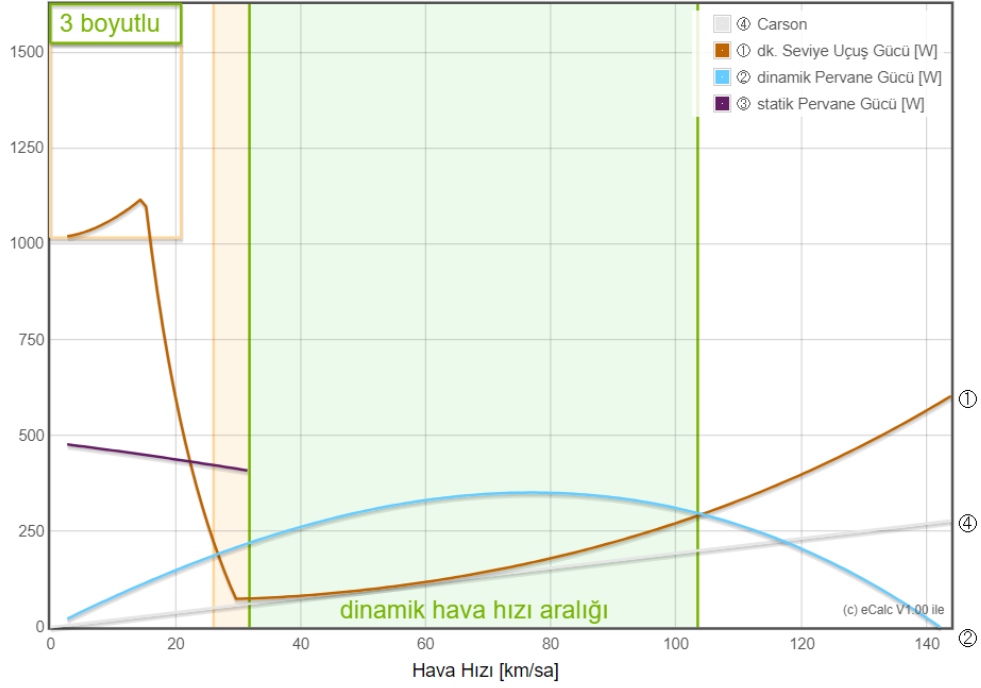
Özellikler	X3520 KV 720
Stator çapı	35 mm
Stator kalınlığı	20 mm
Stator kol sayısı	12
Rotor kutup sayısı	14
Motor kv	720
Yüksüz akım	1.4 A
Motor direnci	19 mΩ
Maksimum devamlı akım	72 A/ 30 S

Maksimum devamlı güç	1500 W
Ağırlık	210 g
Rotor çapı	42.5 mm
Şaft çapı	5 mm
Gövde uzunluğu	45 mm
Ortalama şaft uzunluğu	64 mm
Maksimum lipo hücre sayısı	4- 5 S
Önerilen ESC	70 A
Önerilen pervane	APC12*6 APC 13* 6.5

Tablo: Motor ve ESC Özellikleri



Grafik 1: Dinamik Tırmanma Performansı



Grafik 2: Güç Diyagramı

Faydalı Yük:

Malzeme Adı	Malzeme Tercihi	Malzeme Ağırlığı
Tek Kart Bilgisayar	Raspberry pi 4	52 Gr.
Kamera	Raspberry pi kamera modülü	3 Gr.
Uçuş Kontrol Kartı	Pixhawk Cube Black	??????????
GPS	Here 3	49 Gr.
Haberleşme Cihazı	Holybro 915 MHz Telemetry	99 Gr.
Motor (Değişebilir)	Sunnysky A2212 980 KV	56 Gr.
ESC	30 A ESC	22 Gr.
Pil	3S 1300 Mah Lipo Pil	125 Gr.
Pervane	APC 11 * 5.5	23 Gr.
Pitot Tüpü	PT60 Dijital Hız Sensörü	25 Gr.
Güç Modülü	XT60 soketli 90A 6S Güç Modülü	35 Gr.
Servo Motor	ES08MAII Metal Dişli Servo	12Gr. (4 adet)
Devre Kesicili Sigorta	40 A Devre Kesicili Sigorta	88 Gr.

Kumanda Alıcısı	Flysky İ6x Kumanda Alıcısı	5 Gr.
Gövde ve Kanat	Fotoblok - XPS	300-500 Gr.
	Toplam	1030 + pixhawk

Tablo: Akıllı Mühimmat Ağırlık Tablosu

Marka adı	Sunnysky
Ürün adı	A2212 Fırçasız Motor
KV	980 KV
Stator Çapı	22mm
Stator Kalınlığı	12mm
Stator Yuvası Sayısı	12
Maksimum Sürekli Güç	330W
Rotor Kutup Sayısı	14
Motor Direnci	123mΩ
Ağırlık	56 g
Rotor Çap	27.5mm
Gövde Uzunluğu	40mm
Maksimum Lipo Hücresi	3-4S
ESC	30 A
Tavsiye Edilen Pervane	APC 11*5.5

Tablo 1: Akıllı Mühimmat Motor ve ESC Özellikleri

Pervane	İtki	Akım	Gerilim	Güç	Verim	İtki	İtki	Yunuslama hızı	Motor Çalışma Süresi
d/d	%	A(DC)	V(DC)	W	%	g	g/W	Km/h	Dk
3000	33	1.2	11.0	13.0	74.5	177	13.6	25	48.6
3500	40	1.9	11.0	20.2	75.9	241	11.9	29	31.0
7112	100	17.9	10.2	179.4	72.2	996	5.6	60	3.2

Tablo 2: Akıllı Mühimmat Motor İtki Değerleri

Görüntü işleme sisteminde takımımızın yazılımcıları tarafından eğitilen model kullanılmaktadır. Görev sırasında kullanılacak materyal görüntülerini, geliştirilen İHA aracılığı ile veri seti olabilecek en üst düzeye getirilmiştir. YOLO (You Only Look Once) algoritması aracılığı ile yer üzerinde bulunan objemizi en hızlı şekilde ve tek seferde tespit edilmektedir. YOLO algoritmasının tercih edilme sebebi, anlık yakalanan görüntünün tamamının tek seferde nöral bir ağdan geçiyor olmasıdır. Eğitilen model ve YOLO algoritması ile tespit edilen nesnenin etrafı “bounding box” ile çevrenmektedir. Algoritma kendisine verilen görüntüyü NxN’lik ızgaralara bölmektedir (örneğin 5x5,15x15,30x30). Her ızgara kendi içerisinde nesne olup olmadığını ve nesne var olduğunu düşünüyorsa merkez noktasının kendi alanında olup olmadığına karar vermektedir.

Nesnenin merkez noktasına sahip olduğuna karar veren ızgara o nesnenin sınıfını, yüksekliğini ve genişliğini bulup o nesnenin çevresine “bounding box” çizmektedir. Birden fazla ızgara bu şekilde davranış sergilemesi beklenmektedir ve bu durum ekranda gereksiz “bounding box” oluşumuna sebep olabilir. Bu durumu engellemek için ise “Non-Maximum Suppression” algoritması kullanılmıştır. “Non-Maximum Suppression” algoritması ile görüntü üzerinde tespit edilen nesnelere için çizilen “bounding boxlardan” güven değeri en yüksek olanı ekrana çizilmektedir. YOLO algoritmasının çalışma sürecinde sınıflandırma kaybı, konum kaybı ve güven kaybı olması durumunda kullanılan formüller ise şu şekildedir.

Sınıflandırma kaybı durumunda tespit edilen ızgarada nesne var ise kullanılan formül şu şekildedir;

$$\sum_{i=0}^{s^2} 1_i^{\text{obj}} \sum_{c \text{ in classes}} (p_i(c) - \hat{p}_i(c))^2$$

Konum kaybı durumunda tespit edilen ızgarada nesne var ise kullanılan formül şu şekildedir;

$$\lambda_{\text{coord}} \sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{\text{obj}} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2] + \lambda_{\text{coord}} \sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{\text{obj}} [(\sqrt{w_i} - \sqrt{\hat{w}_i})^2 + (\sqrt{h_i} - \sqrt{\hat{h}_i})^2]$$

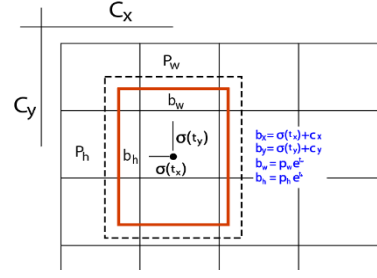
Güven kaybı durumunda tespit edilen ızgarada nesne var ise;

$$\sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{\text{obj}} (c_i - \hat{c}_i)^2$$

Güven kaybı durumunda tespit edilen ızgarada nesne yok ise;

$$\lambda_{\text{noobj}} \sum_{i=0}^{s^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{\text{noobj}} (c_i - \hat{c}_i)^2$$

bx= Nesnenin orta noktasının x koordinatını gösterir
by= Nesnenin orta noktasının y koordinatını gösterir
bw= Nesnenin genişliğini gösterir
bh= Nesnenin yüksekliğini gösterir
cx,cy= Nesnenin sol üst köşeye olan uzaklığı
pw= Anachor box genişliği
ph= Anachor box yüksekliği



Şekil 2.2.1 Değişken Açıklamaları

Şekil 2.2.2 Yolo algoritması

Model eğitim sürecinde kullanacağımız materyal görüntülerinin “bounding box” değerlerini bulmak için BBox Label Tool yazılımı kullanılmıştır. YOLO algoritması BBOX Label Tool çıktılarını kullanmadığı için YOLO algoritmasının kullanacağı formata dönüştürmek üzere Python dili ile yazılım geliştirilmiştir.

Geliştirilen yazılım ile Şekilde görünen YOLO algoritmasının kullandığı format türüne çıktılar 0-1 arasında olacak şekilde geliştirilen yazılım ile düzeltilmiştir. Düzeltilen çıktılar YOLO algoritmasının istediği parameterler doğrultusunda model eğitimi için hazırlanmıştır. Model eğitimi için darknet-53 kullanılmıştır. Model eğitimi sonucunda darknet-53 bize çıktı olarak weights uzantılı veri setini hazırlamış olur. Artık kare modele gönderilebilir ve nesne tanımlaması yapılabilir.

Görev için kullanılacak algoritma iki ayrı aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki objenin tespiti, ikincisi ise objenin takip edilmesi için gerekli olan adımları içermektedir.

Objenin tespit edildiğini onaylamak için iki farklı parametre kullanılacaktır. İlk parametre kullanılan algoritmada sonuç olarak dönen “Object Confidence” değeridir. Değerin 0.8’den büyük olması durumunda obje tespitinin 3 kare boyunca (kare sayısı n olarak anılacaktır) sürüp dürmediğine bakılır. “n” değeri 3’ten büyükse mühimmat kendini serbest bırakacaktır, “n” değeri 3’ten küçükse kamera üzerinden obje aranmaya devam edilecektir. “Object Confidence” değeri 0.8’ten küçük ise obje tespiti, değer 0.8’ten büyük olana kadar devam edecektir.

Mühimmat serbest bırakıldıktan sonra eğer obje tespiti durdu ise mühimmatın THROTTLE parametresi sabit tutulacaktır ve mühimmat irtifa kaybetmeden yuvarlak çizmeye devam edecektir. Tespitten sonra obje kaybolmadı ise obje merkezi ile kamera merkezi arasındaki uzaklık ile tolerans değeri karşılaştırılır (veri seti büyütüldükçe tolerans değeri düşürülecektir, sabit bir tolerans değeri bulunmamaktadır). Uzaklık değeri tolerans değerinden küçük ise “ELEVATOR” parametresi bir sonraki kareye kadar en düşük değere çekilecektir çünkü obje merkezi ile kamera merkezi aynı hizada olup, mühimmat objeye yaklaşmak için irtifa düşürmelidir. Uzaklık değeri tolerans değerinden büyük ise; kamera merkezinden obje merkezine bir vektör çizilir ve her karedeki obje merkez noktası stack içine alınır. Burada elde edilen vektör bileşenlerine ayrılır. Yatay bileşen aileronların dönme açısı için

kullanılacaktır.

Bu açının formülü;

$$Açı\ değişim\ oranı = \frac{Objel\ Alanı}{Kamera\ Alanı} \times math.abs \left[\frac{[Kamera\ eni/2]}{Vektör\ yatay\ bileşen\ boyu} \right]$$

Dikey bileşen "elevator"lerin dönme açısı için kullanılacaktır. Bu açının formülü;

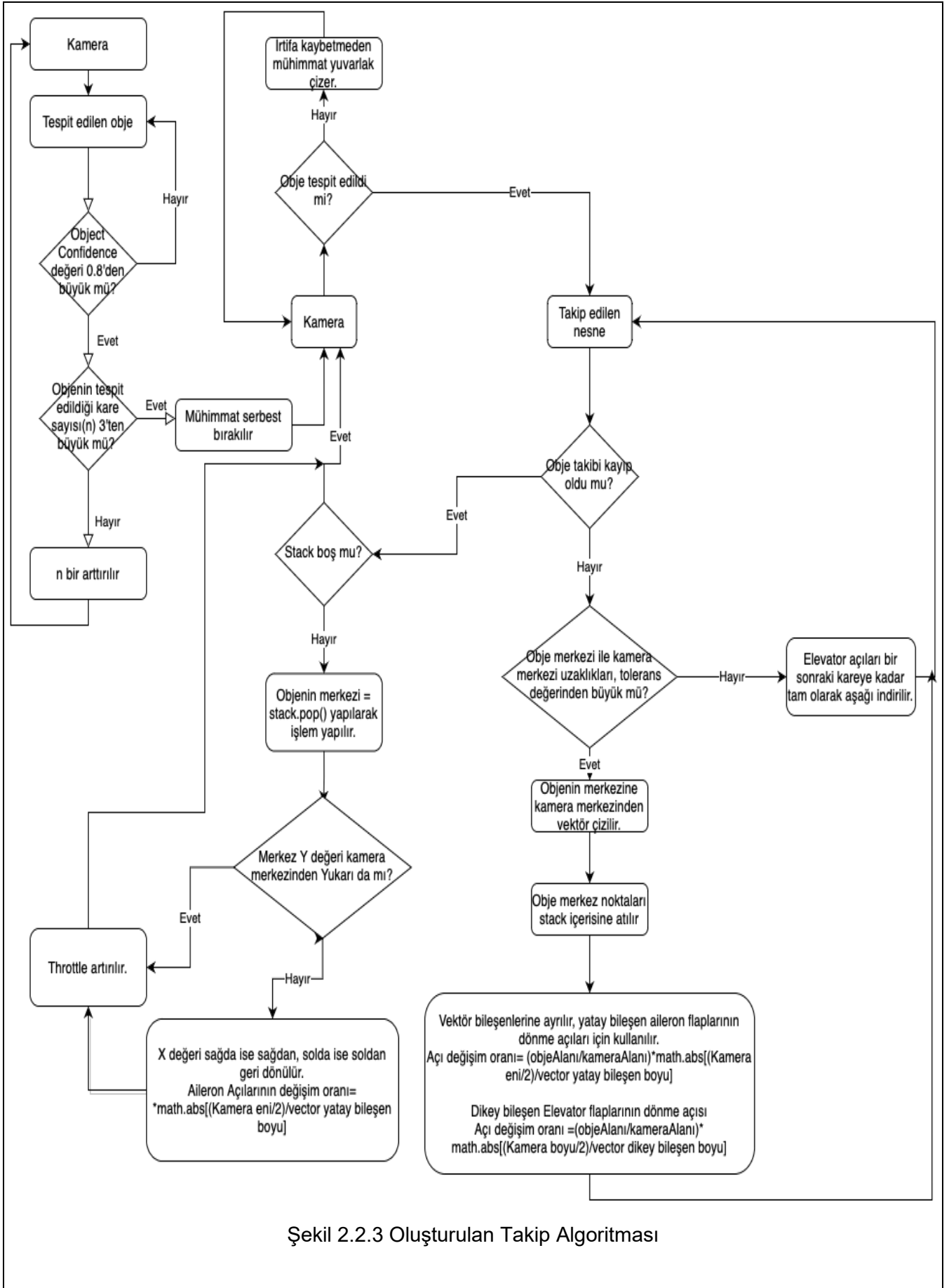
$$Açı\ değişim\ oranı = \frac{Objel\ Alanı}{Kamera\ Alanı} \times math.abs \left[\frac{[Kamera\ boyu/2]}{Vektör\ dikey\ bileşen\ boyu} \right]$$

Tespitten sonra obje kayıp oldu ise obje merkez noktalarını barındıran stack kontrol edilir.

Stack boş ise obje tespitine devam edilir. Stack dolu ise stack.pop() fonksiyonu ile son obje merkezi işleme alınır. Objenin merkez Y değeri (Koordinat düzlemindeki Y değeri) kamera merkez Y değerinin üstünde ise THROTTLE değeri artırılarak obje merkezi ve kamera merkezi üst üste getirilmeye çalışılır çünkü obje mühimmattan ileridedir. Objenin merkez Y değeri kameranın merkez Y değerinden aşağıda ise objenin merkez X değeri kontrol edilir. Objenin merkez X değeri sağda ise sağdan, solda ise soldan geriye doğru dönüş yapılır. Aileron açılarının değişiminde kullanılacak formül;

$$Açı\ değişim\ oranı = math.abs \left[\frac{[Kamera\ eni/2]}{Vektör\ yatay\ bileşen\ boyu} \right]$$

Aileron açısı değiştikten sonra THROTTLE değeri artırılır ve obje tespitine devam edilir.



Şekil 2.2.3 Oluşturulan Takip Algoritması

2.3 Faydalılık

Ülkemiz konumu itibarıyla Asya ve Avrupa kıtaları arasında köprü görevi görmektedir. Bununla birlikte ülkemiz birçok ülkeye sınırı bulunmaktadır. Bu sınırların hâkimiyeti ve kontrolünü elde tutulması zaruri bir ihtiyaç teşkil etmektedir. Üretimini gerçekleştirdiğimiz akıllı mühimmata sahip insansız hava aracı ile bu ihtiyacın karşılanması amaçlanmıştır. Operatör gereksinimi duymayan aracımız yapay zekâ ile hedefi tanıyıp, görüntü işleme ve takip algoritması sayesinde hedefe ulaşana kadar takip etme kabiliyetine sahiptir. Can kaybının önüne geçerek yapay zekâsı ile görevlerde yüksek doğruluk amaçlanmıştır. Aracın alt kısmında bulunan akıllı mühimmat, itki gücüne sahiptir. Bu itki gücü ile manevra kabiliyetinin yanı sıra aracın hedefe yakınlaşmadan akıllı mühimmatı ateşlemesi ve akıllı mühimmatın hedefi takip ederek imha etmesi gerçekleştirilecektir. Manevra ve itki kuvveti sayesinde hareket halinde hedefleri vurabilmektedir.

Sınır güvenliği, istihbarat, savunma ve terör ve benzeri olaylarda can kaybının önüne geçerek oluşabilecek tehlikelerin önüne geçmekte kullanılabilir.

2.4 Yenilik

Günümüzdeki lazer güdümlü akıllı mühimmatlardan farklı olarak görüntü işleme ile değişken hareketli hedeflerin tanımlanması ve bu hedeflerin değişken hareketli hedeflerin etkin şekilde imhasını sağlamak amaçlanmaktadır.

2.5 Yerlilik

Görüntü işleme sonrasında mühimmatın aileron, rudder, elevatör ve throttle parametrelerinin çalışma prensiplerinin oluşturulması ve kodlanması, kanatçıkların açılı değişim hesaplamaları ve bu kanatçıkların senkronize edilerek çalışması tamamen kendi takip algoritmamız doğrultusunda yapılmıştır.

2.6 Sadelik.

Kodlamalarda tek bir yazılım dili kullanılmıştır. Yazılım dili olarak Python 3, teknik olarak ise OOP(Object Oriented Programming) kullanılmıştır. Bu sayede yazılan kodlar, kolay bir şekilde değiştirilebilir veya farklı bir duruma entegre edilebilir hale gelmiştir.

Tasarım ve üretim aşamalarında araca kazandırılmak istenilen temel karakteristik özellikler arasında portatif olmasının yanı sıra kurulumunun hızlı olması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda minimum bağlantı elemanı sarfiyatı üzerine çalışılmıştır. Montaj ve bağlantı işlemlerinde (vida, somon vb.) parçaların kullanımından kaçınılmıştır. Bağlantı ve sabitleme işlemleri yapıştırıcılar vasıtası ile sağlanmıştır. Kanat ve Gövde montajı için herhangi bir alet ihtiyacı bulunmamaktadır. Kanat gövde bağlantısı için lastik bantlardan yararlanılmıştır. Montaj işlemi gövdede bulunan tahta çıtalara tutturulan lastik bantların kanat üzerinden geçerek arka çıtalara bağlanması ile gerçekleşmektedir. Lastik ile sağlanan bağlantı titreşim sönmülemekte ve kaza anında esnek bağlantı ile kanadın kırılmasını önlemektedir.



Şekil 1.6.1 Kanat Gövde Bağlantısı

Kuyruk üretiminin pratik ve sade olması amacı ile üretim sırasında en minimum işlem ile fayda sağlayacak üretim planlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda işlemleri kolay ve eşdeğerlerine nazaran ucuz olan 5 mm'lik fotoblok malzeme kullanılmıştır.



Şekil 2.6.2 Arka Kanat Üretimi

EKONOMİKLIK

Aracın dizilimini ve bütünlüğünü sağlamak adına 16mm/12mm cam elyaf boru kullanılmıştır. Cam elyaf boru, karbonfiber boruya nazaran daha ekonomik ve istenilen dayanımı sağlamasından dolayı seçilmiştir. Aracın cam elyaf boru üzerine yerleştirilmesi işlemlerinde Apel marin poliüretan gemi deniz tutkalı (Şekil 2.6.1A) kullanılmıştır. Apel marin tutkal yerine kullanılabilecek olan epoksi ürünlerine göre daha uygun fiyata sahiptir. Kullanım sonrasında zamanla genişlemesi ve kullanıldığı alanı kaplaması ile sabitleme işleminde kolaylık sağlamaktadır. Bu özelliği sayesinde kanatların birleşimi için spar boşluklarının içerisinden geçen karbonfiber boruların yapılandırılmasında kullanılmıştır. Aracın kanatlarının birleştirilmesi işleminde Uhu Por isimli yapıştırıcıdan yararlanılmıştır. UHU Por eşdeğeri olan yalıtım yapıştırıcılarına nazaran daha uygun fiyatı ve hızlı kuruma özelliği ile kullanılmıştır.



Apel
Apel Marin Poliüretan Gemi Deniz
Tutkalı 600 Gr
Ürün Kodu : BETA.602.26.003 Yorum Ekle
37,76 TL

A



HEXION
MGS Laminasyon Epoksi
Seti L326/H265
Ürün Kodu : 372
402,66 TL + KDV

B

Şekil 2.6.3 Kompozit Yapıştırıcıların Karşılaştırılması



A

B

C

Şekil. 2.6.4 Yapıştırıcı Malzemeler

KÖPÜK KESME MAKİNESİ

Aracın üretiminde EPP ve XPS malzemelerinden yararlanılmıştır. Bu malzemelerin hassas kesimi için mevcut makine ve cihazlar bulunmaktadır. Yeni bir cihaz almak yerine ekonomik olması adına köpük kesme makinesini kendimiz ürettik. Üretimi için tahta parçalar, (12 V 120 W) trafo, rezistans teli ve kablo kullanılmıştır. Üretilen uçak kanadı 50 cm olduğu için makinenin tel boyutunun 55 cm olması gerektiğine karar verilmiş ve bunun doğrultusunda 55 cm krom telin direnci hesaplanarak yeterli ısıya ulaşması için 120 W trafo kullanılması gerektiği öngörülmüştür. Orta tahta parça yalnızca tek bir çiviyle sabitlenmiş ve esneklik verilmesi sağlanmıştır. Eşdeğer makinelere göre daha ucuza imal edilmiştir.



Şekil 2.6.5 Köpük Kesme Makinesi

TELEMETRİ:

Aracın bilgilerini yer istasyonundan görebilmek için kullanılan telemetride şifreleme şartı konulmuştur. Bu bilgiye göre kendinden şifrelemeli bir telemetri kullanmak yerine şifrelemesiz telemetri tercih edilmiştir. Çünkü telemetri şifreleme sistemi yazılımsal olarak yazılmıştır. Bu da öngörülen telemetri harcamasının yarısına tekabül etmektedir. Ek olarak da akıllı mühimmatta da aynı telemetriyi kullanılacağını düşünülürse ortalama 4 kat daha ucuza mal edilmiştir.

2.7 Hakem Takdiri

Üretilen İHA'nın günümüz havacılık teknolojilerindeki malzemelerin maliyetlerine kıyasla oldukça düşük maliyetli olması sebebiyle ve gerçekleştirdiği görev göze alındığında maliyet/performans oranı oldukça yüksek olup gelişime açıktır. Ayrıca görevin gerçekleştirme biçimi sebebiyle az çabayla farklı alanlara entegre edilebilir.

Bölüm 2.3' de bahsedilen faydalar göz önüne alırsak bu teknoloji gelecekte yapılacak araştırma ve geliştirme ile savaş uçaklarının insansızlaştırılmasında kullanılarak yetkin personel kaybı azaltılarak fayda sağlayabilir.

Bölüm 2.4' de bahsedilen özelliklerin yanı sıra akıllı mühimmata bir kargo (acil durum çantası, ekipman vb.) teslim etme kabiliyeti kazandırılabilir.

Üretilen İHA'nın ve akıllı mühimmatın çok yönlü geliştirilebilir bir yapısı bulunmaktadır. Bu durum ileriki çalışmalar ve farklı sektörlerde gelişmenin önünü açacak niteliktedir.

3.BÜTÇE TABLOSU

No	Talep edilen malzeme/hizmet vb.	Miktar (TL)	Gerekçe
1	Raspberry pi 4	667,27 TL	Görüntü işlemek için gerekli bilgisayar
2	Raspberry pi kamera modülü v2	380,55 TL	Görüntü işleyecek kamera
3	Telemetri (2 adet)	675,01TL (2 adet)	Akıllı mühimmat ve İHA haberleşme seti
4	Pixhawk cube black+ here 3 gps	4.607 TL	Akıllı mühimmat kontrolcüsü ve gps
5	Pixhawk set	2.604,50 TL	İHA kontrolcüsü ve gps seti
6	Pitot tüpü (2 adet)	623,04TL (2 adet)	Hız sensörü
7	Kontrol Kumandası	888.01 TL	
8	70 A esc	371.52 TL	İHA motor kontrolcüsü
9	4s lipo pil	549.00 TL	İHA pil
10	3s lipo pil	260,7 TL	Akıllı mühimmat pil
11	30 A esc	75.99 TL	Akıllı mühimmat motor kontrolcüsü
12	APC Pervane	146,5 TL	
13	Sunnysky a2212 980kv	161,13	Akıllı mühimmat itki sistemi
14	Servo motor (8 adet)	47.62 TL (8 adet)	İHA ve akıllı mühimmat kanatçık kontrolü ve ayrılma mekanizması
15	12 v trafo	50 TL	Sıcak tel kesme makinesi trafosu
16	Mekanik malzemeler	3300TL	Yapıştırıcı, Karbonfiber parçalar, XPS, EPP, testere, cam elyaf boru, neşter seti vb.
	TOPLAM	17.039,23 TL	