

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVİL HAVACILIK ANABİLİM DALI**

**DÖRT ROTORLU HAVA ARACI İLE ELDE EDİLECEK
GÖRÜNTÜLERDEKİ HAREKET BULANIKLIĞI İÇİN
UÇUŞ KONTROL SİSTEMİ TASARLANMASI**

**Hazırlayan
Fazıl Onur SÖNMEZ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVİL HAVACILIK ANABİLİM DALI**

**DÖRT ROTORLU HAVA ARACI İLE ELDE EDİLECEK
GÖRÜNTÜLERDEKİ HAREKET BULANIKLIĞI İÇİN
UÇUŞ KONTROL SİSTEMİ TASARLANMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Fazıl Onur SÖNMEZ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY**

**Temmuz 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Fazıl Onur SÖNMEZ



“Dört Rotorlu Hava Aracı ile Elde Edilecek Görüntülerdeki Hareket Bulanıklığı İçin Uçuş Kontrol Sistemi Tasarlanması” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Fazıl Onur SÖNMEZ



Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY



Sivil Havacılık ABD Başkanı

Prof. Dr. İlker YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY danışmanlığında Fazıl Onur SÖNMEZ tarafından hazırlanan “Dört Rotorlu Hava Aracı ile Elde Edilecek Görüntülerdeki Hareket Bulanıklığı İçin Uçuş Kontrol Sistemi Tasarımı” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

... / 08 / 2019

JÜRİ:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY

Üye : Prof. Dr. Selçuk HELHEL

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KONAR

M. Onay

S. Helhel

M. Konar

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 03/09/2019 tarih ve 2019/50-19 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Mehmet Akkurt
Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doğduğumdan bu yana hayatımın her alanında olduğu gibi, tez çalışmalarım sırasında da maddi manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen değerli aileme ve özellikle bilimsellikte benimle adeta bir yarış içine girip beni motive eden mühendis kardeşim Gizem SÖNMEZ'e çok teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim süresince akademik, bilimsel ve manevi olarak verdiği destekler ile çalışmalarımı kolaylaştıran ve bunu yaparken bir abi, bir arkadaş gibi yaklaşan danışmanım Dr. Murat ONAY'a çok teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Fazıl Onur SÖNMEZ
Temmuz 2019, KAYSERİ

DÖRT ROTORLU HAVA ARACI İLE ELDE EDİLECEK GÖRÜNTÜLERDEKİ HAREKET BULANIKLIĞI İÇİN UÇUŞ KONTROL SİSTEMİ TASARLANMASI

Fazıl Onur SÖNMEZ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2019
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY

ÖZET

Bu tez çalışmasında dört rotorlu bir insansız hava aracına kontrol sistemi uygulanarak elde edilen imgelerin kalitesine göre, uygulanan kontrol sisteminin başarısı araştırılmıştır. Bunu gerçekleştirebilmek için iki temel konu üzerine literatür taraması yapılmıştır. Konulardan birincisi belirlenecek hava aracına uygulanacak kontrol sistemi, ikincisi ise elde edilecek imgelerin kalitesini belirleyecek imge işleme tekniği olmuştur. Kontrol sistemi olarak endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan PID kontrol sistemi seçilmiştir. Hava aracından elde edilecek bulanık imgeleri işlemek için ise, imge işleme tekniklerinde en zor alanlardan biri olan kör bulanıklaştırma haritası tahmini konusu araştırılmıştır. Hava aracından elde edilen imgelerde bulanıklaştırma haritası belli olmadığından, imge netleştirme işlemi için Arı Algoritması kullanılarak kör bulanıklaştırma haritası tahmini yapılmıştır. Uygulama olarak ARI 30 dört rotorlu insansız hava aracına PID kontrol tasarımı yapılmış ve PID kontrol sistemi parametreleri, Tilki Avı Algoritması ile iyileştirilmiştir. İyileştirilen parametreler ile bir benzetim yapılmış ve sonuçları uygunluk açısından incelenmiştir. Ardından tasarlanan kontrol sistemi kullanılarak ve kullanılmayarak iki adet gerçek uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşlar esnasında elde edilen imgeler kör bulanıklaştırma haritası tahmini ile netleştirilmiştir. Kontrol sistemi ile elde edilen imgelerde kör bulanıklaştırma haritasının %61,15 daha iyi, dolayısıyla elde edilen imgenin %61,15 daha net olduğu görülmüştür. Bu durum kontrol sistemi tasarımının uygun olduğunu ve uçuşu daha stabil hale getirdiğini göstermiştir. Yapılan tez çalışmasının özellikle kör bulanıklaştırma haritası tahmini ve tilki avı optimizasyon yöntemlerine yönelik çalışmalara yardımcı olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: İmge işleme, İHA, PID kontrol, Tilki avı algoritması, Kör blur kernel

FLIGHT CONTROL SYSTEM DESIGN FOR THE MOTION BLUR OF THE IMAGES OBTAINED BY QUADROTOR

Fazıl Onur SÖNMEZ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, July 2019

Supervisor: Dr. Murat ONAY

ABSTRACT

In this study, a control system was applied to a quadrotor and then the success of the control system was researched according to the quality of the images taken from the quadrotor. Literature study was performed on two main topics. The first topic was the control system which would apply to quadrotor and the second topic was the image processing method which would determine the quality of the obtained images. PID control system which is widely used in industrial area was chosen. Blur kernel estimation, one of the hardest areas among the image processing methods was researched for processing the images obtained from quadrotor. Since there is not defined blur kernel, blind blur kernel estimation was done by using Bee Algorithm for sharpening images taken from the quadrotor. As practice, PID control system designed for ARI 30 Quadrotor and then PID parameters were optimized by using Fox Hunting Algorithm. A simulation was done with the optimized parameters and results were examined. Then two real flight was performed that one of them was with control system and one of them was without it. Images taken from those flights were sharpened with blur kernel estimation. It is detected that calculated blind blur kernel on images taken from PID controlled flight was %61,15 better so that means the blurred image was %61,15. That shows flight control system was applicable and it made the flight more stable. It is supposed to be this study will possibly help the study areas on blind blur kernel estimation and Fox Hunting Algorithm.

Keywords: Image processing, UAV, PID control, Fox hunting algorithm, Blind blur kernel

İÇİNDEKİLER

DÖRT ROTORLU HAVA ARACI İLE ELDE EDİLECEK GÖRÜNTÜLERDEKİ HAREKET BULANIKLIĞI İÇİN UÇUŞ KONTROL SİSTEMİ TASARLANMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

DÖRT ROTORLU HAVA ARAÇLARI

1.1. Öncülük Eden Tasarımlar.....	4
1.1.1. Breguet-Richet Quadrotoru.....	5
1.1.2. Bothezat Quadrotoru.....	5
1.1.3. Oehmichen Quadrotoru	6
1.2. Modern Tasarımlar.....	7
1.3. Quadrotor Yapısı ve Quadrotora Etkiyen Kuvvet ve Momentler.....	9
1.4. Sistemin Dinamiği ve Matematiksel Model	11
1.5. PID Kontrol Parametreleri ve Etkileri	14
1.5.1. Oransal (P) Kontrol Etkisi.....	16
1.5.2. Oransal-İntegral (PI) Kontrol Etkisi	16
1.5.3. Oransal-İntegral-Türevsel (PID) Kontrol Etkisi.....	17
1.6. ARI 30 Quadrotoru için PID Kontrol Tasarımı	18

2. BÖLÜM

BULANIKLAŞTIRMA HARİTASI

2.1. Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama	22
2.2. Kör Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama	22
2.2.1. Arı Algoritması	25
2.2.2. Çalışmanın Yöntemi ve Elde Edilen Sonuçların Analizi.....	26
2.3. Hava Görüntülerinden Kör Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama.....	29

3. BÖLÜM

BULANIKLAŞTIRMA HARİTASI VE KONTROL SİSTEMİ İLİŞKİSİ

3.1. Bulanıklaştırma Haritası ile PID Parametrelerinin Bağlantısı	30
3.2. Tilki Avı Algoritması (TAA)	31
3.3. Tilki Avı Algoritması (TAA) Kullanılarak PID Maliyet Fonksiyonu Optimizasyonu.....	33

4. BÖLÜM

KULLANILAN YÖNTEM VE UYGULAMA

4.1. ARI30 Dört Rotorlu İHA İçin Optimize Edilmiş Parametrelerin Uçuşa Etkisinin Araştırılması	35
4.2. Uçuş Testleri ile Elde Edilen İmgeler ve Kör Bulanıklaştırma Haritaları	37
4.3. Elde Edilen İmgeler ve Kör Bulanıklaştırma Haritalarının İncelenmesi	40

5. BÖLÜM

SONUÇ

KAYNAKÇA	46
ÖZGEÇMİŞ.....	51

KISALTMALAR

İHA	: İnsansız Hava Aracı
PID	: Proportional-Integral-Derivative
TAA	: Tilki Avı Algoritması
AA	: Arı Algoritması
CF	: Cost Function
COG	: Center of Gravity
GA	: Genetik Algoritma
AT	: Artificial Terrier
AF	: Artificial Foxhound
AH	: Artificial Horse

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Matematiksel Modelde Kullanılan Semboller ve Tanımları.....	14
Tablo 1.2. PID Kontrol İçin Kullanılan Parametreler	15
Tablo 1.3. ARI 30 Quadrotror İHA Teknik Özellikleri.....	18
Tablo 3.1. 0-20 Arasındaki Bir Uzay Araştırması İçin Tipik Parametre Değerleri	33
Tablo 3.2. PID Parametre Değerleri.....	34
Tablo 4.1. Gerçekleştirilen Uçuş Şartları.....	37
Tablo 4.2. KÖr Bulanıklaştırma Haritaları Verileri	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Gyroplane No.1	5
Şekil 1.2.	Bothezat Quadrotoru	6
Şekil 1.3.	Bothezat Quadrotoru Minyatürü	6
Şekil 1.4.	Oehmichen No.2'nin Çizimi	7
Şekil 1.5.	Oehmichen No.2'nin 1922'deki Tasarımı.....	7
Şekil 1.6.	X4 Flyer Quadrotoru	8
Şekil 1.7.	OS4 Quadrotoru	9
Şekil 1.8.	Quadrotorun 3 Boyutlu Hareketinin Gösterimi.....	10
Şekil 1.9.	Quadrotor Eksen Takımı ve Quadrotora Etkiyen Tork ve Momentler	10
Şekil 1.10.	Quadrotor Eksen Takımları	12
Şekil 1.11.	PID Kontrol Yapısı.....	15
Şekil 1.12.	Bir Prosesin Oransal (P) Kontrol Çevriminde Birim Basamak Yük Değişimine cevabı	16
Şekil 1.13.	Bir Prosesin Oransal-İntegral (PI) Kontrol Çevriminde Birim Basamak Yük Değişimine cevabı	17
Şekil 1.14.	Bir Prosesin Oransal-İntegral-Türevsel (PID) Kontrol Çevriminde Birim Basamak Yük Değişimine cevabı	17
Şekil 1.15.	ARI 30 Yerli Özgün İHA	18
Şekil 1.16.	ARI 30 İHA PID Kontrol Tasarımı.....	19
Şekil 2.1.	Kamera Hareketleri (a) Kamera Eksenleri, (b) Y-Eksenindeki Hareket ile Oluşan Bulanıklaştırma Haritası, (c) Y-Eksenindeki Hareket ile Oluşan Bulanıklaştırma Haritası, (d) Rastgele Hareket ile Oluşan Bulanıklaştırma Haritası	21
Şekil 2.2.	Bulanıklaştırma Haritası Örneği (a) Net İmge, (b) Bulanık İmge, (c) Bulanıklaştırma Haritası.....	21
Şekil 2.3.	Blurmetric Değeri Hesaplama Akış Diyagramı	25
Şekil 2.4.	Bulanıklaştırma İşlemi (a) Net İmge, (b) Bulanıklaştırma İçin Kullanılan Bulanıklaştırma Haritası, (c) Bulanık İmge	27

Şekil 2.5. Kör Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama (a) Bulanıklaştırılmış İmge, (b) Netleştirilmiş İmge, (c) Hesaplanan Bulanıklaştırma Haritası.....	27
Şekil 2.6. Lena İmgesine Uygulanan Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı	28
Şekil 2.7. Bulanıklaştırılmış Lena İmgesinden Tahmin Yolu İle Elde Edilen Kör Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı.....	28
Şekil 2.8. Hava Aracından Elde Edilen İmge Netleştirme (a) Bulanık İmge, (b) Netleştirilmiş İmge, (c) Hesaplanan Bulanıklaştırma Haritası.....	29
Şekil 4.1. Performansı İyileştirilmiş ve İyileştirilmemiş Uçuşun Atmosferik Türbülans İle Yörünge Takibi Benzetimi.....	35
Şekil 4.2. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmge.....	38
Şekil 4.3. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritası İle Netleştirilmiş Hali.....	38
Şekil 4.4. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Tahmin Edilen Kör Bulanıklaştırma Haritası	39
Şekil 4.5. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmge.....	39
Şekil 4.6. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritası İle Netleştirilmiş Hali.....	40
Şekil 4.7. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Tahmin Edilen Kör Bulanıklaştırma Haritası.....	40
Şekil 4.8. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Histogramı.....	41
Şekil 4.9. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Histogramı.....	42
Şekil 4.10. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı.....	43
Şekil 4.11. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı.....	43

GİRİŞ

Hava Araçları ile ilgili çalışmalar son yıllarda ivmesini artırarak devam etmektedir. Bu ivmenin sebebi hava araçlarının haritalama, bilim, ulaşım, milli savunma gibi çeşitli amaçlarla kullanılmasıdır. Ayrıca bu alanlarda devam eden gelişime de sahiptirler. Hava araçlarının gelişimi, kazanılan yeteneklerin çoklu bilim alanlarına ihtiyaç duyması sebebiyle karmaşık bir konudur. Aerodinamik, Termodinamik, Malzeme Bilimi, akışkanlar mekaniği bunlara birer örnektir. Bugün yüksek performanslı bir uçak konforlu ve stabil bir uçuş sağlayabilmek amacıyla birçok sistem ve alt sisteme sahiptir. Ayrıca hava karmaşık hava araçlarının alt sistemlerini kontrol ve takip etmek için otomatik kontrol sistemlerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bugüne kadar üç boyutlu hareket için tasarlanmış sabit-kanat, tek rotor helikopter, dört ve çok rotorlu hava araçları gibi alternatif yapılar ve konfigürasyonlar bulunmaktadır.

Konu insansız hava araçlarına (İHA) geldiğinde durum biraz daha basit ve uygulanabilir hale gelmektedir. Çünkü gerçek uçuş testi gerçekleştirebilme ile düşük maliyetler ve ihtiyaç duyulan sistem parçalarına kolay ulaşılabilirlik avantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte İHA'ların farklı alanlarda başka avantajları da bulunmaktadır. İlk ve en önemli özelliği olarak insan faktörü en aza indirilmiştir. Bu kapsamda kullanım açısından insandan kaynaklı hatalar azalmakta, pilotun konsantre olamayacağı uzunluktaki uçuşlar yapılabilmekte ve ayrıca pilot hayatının riske atılmayacağı görevlerde rahatlıkla kullanılabilir.

Bu tez çalışmasında dört rotorlu insansız hava aracı ARI 30 quadrotoruna PID kontrol sistemi tasarlanmış, tasarlanan sistemin P-oransal, I-integral, D-türevsel parametreleri Tilki Avı Algoritması ile iyileştirilmiş ve parametreleri iyileştirilen kontrol sisteminin başarısının kontrolü hava aracından elde edilen imgelerin kör bulanıklaştırma haritası çıkartılarak karşılaştırılması ile değerlendirilmiştir. Tez çalışmasına başlamadan önce

yapılan literatür taramasında; quadrotorlara uygulanmış kontrol sistemleri, Tilki Avı Algoritması ve bulanıklaştırma haritası tahmini üzerine yapılmış çalışmalar araştırılmıştır.

Quadrotorlarda PID kontrol sistemi tasarımına yönelik çalışmalar incelendiğinde; Bouabdallah 2007 yılında doktora tezinde OS4 mikro quadrotor İHA'sı üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada lineer ve lineer olmayan kontrol tekniklerini kullanarak PID de dahil olmak üzere değişik kontrolcü tasarımları ve benzetimleri gerçekleştirdiği görülmektedir [6]. Erginer 2007 yılında yüksek lisans tezinde Draganflyer quadrotoru için PD ve bulanık PD kontrol sistemi tasarlayarak elde edilen deney ve benzetim sonuçları üzerinden her iki kontrol mantığının da performanslarını incelemiştir [1]. Salih, Moghavvemi, Mohamed ve Gaeid 2010 yılında yaptıkları çalışmada quadrotor hava aracı için PID kontrolcü tasarımı yaparak uçuş stabilitesinin artırıldığı sonuçlar almışlardır [20]. Sharma ve Barve ise 2012 yılında quadrotor hava aracı için PID ve Bulanık Mantık kontrol metotlarını kullanarak yaptıkları benzetimlerde uçuş stabilitesinin artırıldığı sonuçlar almışlardır [22].

Onay tarafından 2016 yılında birçok alanda problem çözümü için kullanılabilmek amacıyla bir meta-sezgisel optimizasyon yöntemi olarak Tilki Avı Algoritması optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, bazı coğrafyalarda 16'ncı yüzyıldan itibaren gerçekleştirilen tilki avı faaliyetlerinde rol alan hayvanların doğal hareketleri incelenerek oluşturulmuştur [28].

Goldstein ve Fattal 2012 yılında yaptıkları çalışmada hareket bulanıklığına sahip olan bir imgeden bulanıklaştırma haritasını, imgelerin güç spektrumlarının sergilediği istatistiki düzensizliklere dayanan bir yöntem ile elde etmişlerdir [17]. Onay 2016 yılında yaptığı çalışmada Arı Algoritması optimizasyon yöntemini kullanarak kör bulanıklaştırma haritası tahmini gerçekleştirmiştir. Çalışmasında bir imgeye öncelikle kendi türettiği bulanıklaştırma haritasını uygulayıp ardından bulanıklaştırma haritası sanki bilinmiyormuş gibi kör tahmin yaptığında, bilinen harita ve tahmin harita ikilisi üzerinde birbirine çok yakın sonuçlar ortaya çıkmıştır [12].

Bu çalışmada birinci bölümde, dört rotorlu hava araçlarının (quadrotor-quadcopter) yakın tarihi ve teknolojik gelişimi ile, yapılmış çeşitli çalışmalar hakkında genel bir

bilgilendirme yapılmış ve ardından quadrotorun çalışma yapısı, dinamiği, matematiksel modeli üzerinde durulmuş, son olarak ARI 30 quadrotoru için PID kontrol sistemi tasarlanmıştır.

İkinci bölümde, imge işleme alanında önemli bir sorun sahası teşkil eden ve elde edilen imgelerdeki bulanıklığa sebep olan bulanıklaştırma haritası hakkında bilgi verilmiş, takiben bu tez alışmasında kullanılan ve elde ön veri olmaksızın bulanıklaştırma haritası elde etme yöntemi anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, bu tez çalışmasının amacının temel mantığını oluşturan bulanıklaştırma haritası ile tasarlanan kontrol sisteminin parametreleri arasındaki ilişki anlatılmış ve bulanıklaştırma haritası ne kadar küçük ise kontrol sisteminin o kadar iyi tasarlandığı vurgulanmıştır. Ayrıca yeni bir meta-sezgisel optimizasyon yöntemi Tilki Avı Algoritması optimizasyon yöntemi anlatılmış, ARI 30 İHA için tasarlanan kontrol sistemi parametreleri bu algoritma ile optimize edilmiştir.

Dördüncü bölümde, ARI 30 Quadrotor İHA'sının tasarlanan kontrol sistemi ile türbülanslı atmosfer şartlarında otonom uçuşunun benzetimi yapılmış ve çıkan sonuçlar incelenmiştir. Ardından gerçek uçuş testleri ile elde edilen imgeler, imgelerdeki bulanıklık haritaları ve bunların histogramları incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde ise genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında sonuç olarak özetle; ARI 30 quadrotor İHA'sı için tasarlanan PID kontrol sistemi parametreleri Tilki Avı Algoritması ile optimize edilmiş, kontrol sistemi türbülanslı atmosferde otonom uçuş benzetimi yapılmış ve kontrol sistemi ile gerçekleştirilen gerçek uçuş ile elde edilen imgenin kontrol sistemi olmaksızın gerçekleştirilen gerçek uçuştan elde edilen imgeden %61,15 netleştirilmiş olduğu görülmüştür. Elde edilen netleştirme farkı da göz önünde bulundurularak, yeni bir optimizasyon yöntemi olan Tilki Avı Algoritmasının sonuçlarının tatmin edici olduğu görülmektedir. Havacılık alanında yapılan bu çalışmada kullanılan yöntemi, başka alanlarda da yapılacak çalışmalar için önermekteyiz.

1. BÖLÜM

DÖRT ROTORLU HAVA ARAÇLARI

Uçmak, tarihin en eski dönemlerinden beri insanoğlunun en büyük tutku ve heyecanlarından biri olmuştur. Uçaklar tarih sahnesinde yerlerini almaya başlayana kadar büyük bedeller ödeyen bilginler de olmuştur. Teknoloji ilerledikçe uçmak için farklı fikirler ortaya konulmuş ve farklı tasarımlar denenmeye ve uçurulmaya başlanmıştır. Dört rotorlu hava araçlarının tasarımına duyulan ilgi 20. Yüzyıl başlarına denk gelmektedir. Yapılan ilk tasarımlar o günlerin teknolojisi ile başlıca yerden havalanmayı ve havada bir süre kalmayı başarmak yönünde olmuştur. Bununla birlikte insanların yeni yeni uçuş denemelerini gerçekleştirdikleri bu dönemi mevcut teknoloji de göz önünde bulundurarak incelediğimizde, günümüzde yaygın olarak kullanılan insansız quadrotor tasarımı gibi bir düşünce oluşmamıştır. Aerodinamik, mekatronik, elektronik, malzeme bilimi ve benzeri bilim alanlarında ilerlemeler ile İnsansız Quadrotorlar bugünkü durumuna ulaşmıştır. Bu bölümde tarih sahnesinde quadrotor tasarımları, denemeleri ve çalışmaları anlatılmıştır. Bu bölümde öncelikle quadrotor'un kısaca tarihsel süreci [1-8] referans alınarak anlatılmış, ardından quadrotor yapısı, dinamiği ve matematiksel modeli belirtilmiş, son olarak PID kontrol sistemi özellikleri ile ARI 30 quadrotor İHA için yapılan PID kontrol tasarımı anlatılmıştır.

1.1. Öncülük Eden Tasarımlar

İnsanların uçuşma isteği ve dönemin teknolojik şartları göz önünde bulundurulduğunda, ilkleri oluşturan quadrotor tasarımları insanlı olarak yapıldığı görülmektedir. Bu durum günümüze yaklaştıkça genellikle quadrotorların küçüldüğü ve İHA haline geldiği görülmektedir.

1.1.1. Breguet-Richet Quadrotoru

Akademisyen ve bilim insanı Charles Richet, 20. yüzyılın başlarında dikey uçuşa yönelik çalışmalar sürdürmüştür. Dikey uçuş için yaptığı ilk tasarım başarısız olmuştur. Richet'in rehberliğinde çalışmalar icra eden Louis-Jacques Bréguet kardeşler, Gyroplane adını verdikleri bir quadrotor tasarlamışlar ve 24 Ağustos 1907 tarihinde uçuş gerçekleştirmişlerdir. Bu uçuş aslında bağımsız bir uçuş değildir çünkü yapının sabit tutulabilmesi için Şekil 1.1'de [3] görüldüğü gibi denemeler esnasında 4 insanın yardımı gerekmiştir. Bu devasa tasarım, birbirine kaynak ile tutturulan 4 adet çelik kiriş ve kirişlerin uçlarına yerleştirilmiş rotorlardan oluşmaktadır. Quadrotorun merkezinde oturan pilotun üstünde 8 silindirik içten yanmalı bir motor bulunmaktadır. Denemelerde Gyroplane'in toplam ağırlığı pilot ta dahil toplam 578 kilogram olarak ölçülmüştür.



Şekil 1.1. Gyroplane No.1

1.1.2. Bothezat Quadrotoru

1921'de ABD ordusunun dikey uçabilen hava aracı ihtiyacı doğrultusunda çalışma yapan Georges de Bothezat ve Jerome Ivan bir quadrotor tasarlamışlardır. Geliştirme çalışmalarından sonra ortaya çıkan Şekil 1.2'de [2] gösterilen Bothezat Quadrotoru ilk uçuşunu Ekim 1922'de gerçekleştirmiştir. 6 paleye sahip 4 rotorunu 9 metrelik kolların taşıdığı quadrotor "X" şeklinde tasarlanmıştır ve ağırlığı 1678 kilogramdır. Quadrotor takatini kolların kesiştiği noktada bulunan Le Rhone radyal motorundan almaktadır. Bu motorun üstünde Şekil 1.3'te [41] görüldüğü gibi bir de küçük bir kaldırma rotoru bulunmaktadır fakat zamanla gereksiz olduğu fark edildiği için kaldırılmıştır.



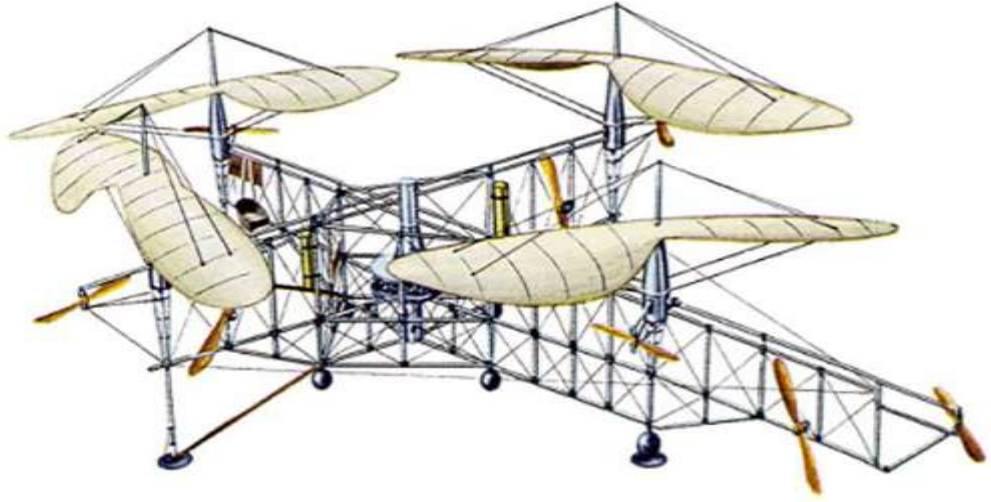
Şekil 1.2. Bothezat Quadrotoru



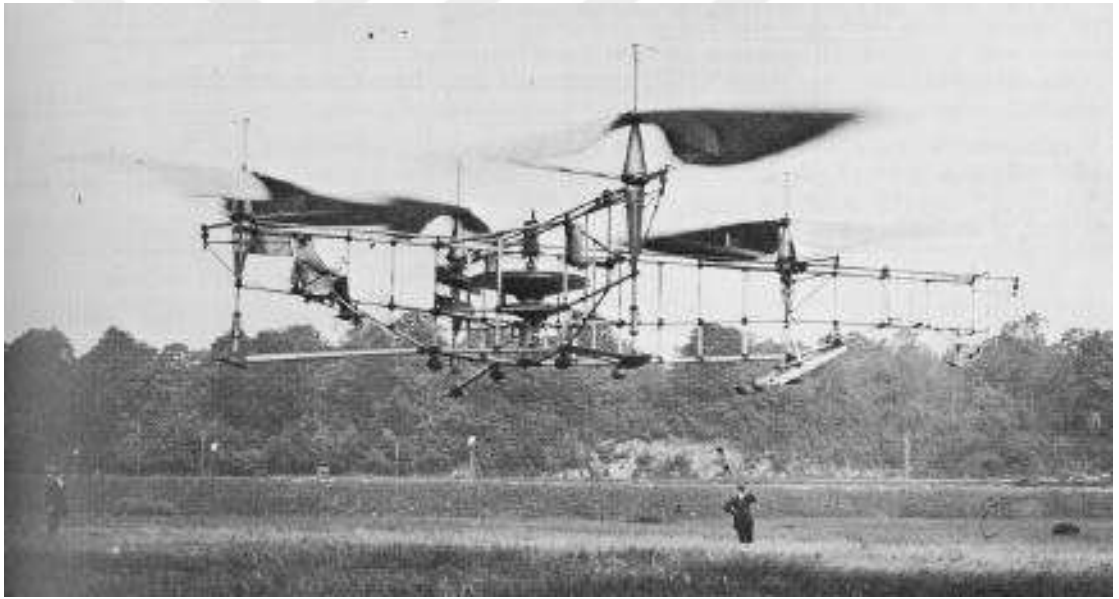
Şekil 1.3. Bothezat Quadrotoru Minyatürü

1.1.3. Oehmichen Quadrotoru

O dönem Fransa’da Peugeot Firmasında genç bir mühendis olan Etienne Oehmichen, döner kanatlı deneylerine 1920 yılında başlamıştır. İlk tasarladığı makine yeterli taşıma sağlayamamıştır. İkinci tasarladığı makine ise başarılı olmuş ve ilk uçuşunu 11 Kasım 1922’de gerçekleştirmiştir. Bothezat’a benzer şekilde “X” yapıda, borulardan oluşmuş, gövdede birleşen her kolun sonunda 2 paleye sahip rotorların bulunduğu bir quadrotordur. Ayrıca kontrol ve yanal hareket için de 8 adet küçük pervane kullanılmıştır. Şekil 1.4 [1] ve Şekil 1.5’te [3] görülen Oehmichen No.2 emsallerine göre daha fazla performans göstermiştir. 1923 yılında birkaç dakika havada kalabilmiş, 1924 yılında en uzağa gidebilme rekorunu kırmış ve aynı yıl içerisinde bu rekorunu da birkaç defa daha kırmıştır.



Şekil 1.4. Oehmichen No.2'nin Çizimi

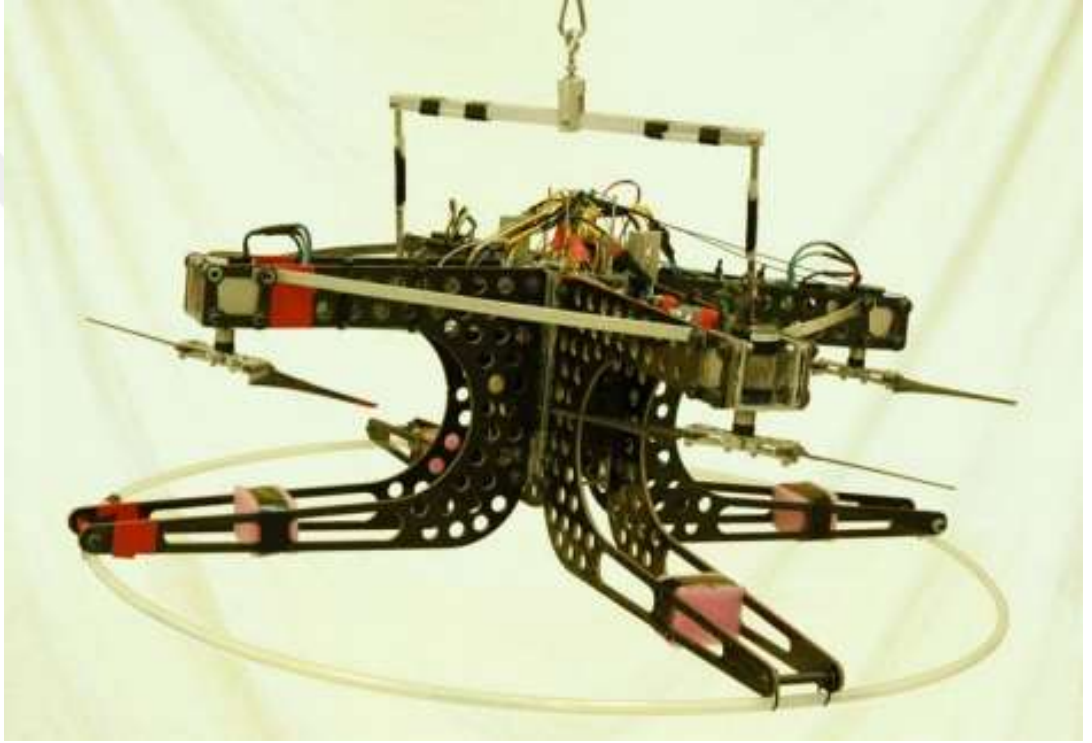


Şekil 1.5. Oehmichen No.2'nin 1922'deki Tasarımı

1.2. Modern Tasarımlar

Başarısız olan ilk denemelerde hantal ve verimsiz yapılara rağmen tarihsel gelişimini sürdüren dört rotorlu hava araçları, gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar sebebiyle günümüzde daha çok insansız olarak üretilmektedirler. İnsansız olarak tasarlanan quadrotorlar, düşük maliyetli üretim ve araştırma-geliştirme faaliyetlerine daha müsait durumdadırlar. Aşağıda yakın tarihte yapılan çalışmalara konu olan birkaç quadrotor örneği gösterilmiştir.

Paul Pounds 2007 yılında tamamladığı doktora tezinde, Avusturalya Milli Üniversitesi'nde üretilen Şekil 1.6'da [8] gösterilen X4 Flyer Quadrorotor İHA üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalarda Newton Euler yaklaşımı ile dinamik modelleme gerçekleştirmiş, motor hız parametreleri üzerinde performans gelişimi sağlamış, quadrorotor durum kontrol sistemi tasarlamış ve bunu test ortamı ile gerçek uçuş şartlarında denemiştir.



Şekil 1.6. X4 Flyer Quadrorotoru

Samir Bouabdallah ise 2007 yılında tamamladığı doktora tezinde, Şekil 1.7'de [6] gösterilen OS4 Quadrorotor İHA üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalarda Newton-Euler ve Euler-Lagrange gibi farklı yaklaşımlar ile dinamik modelleme gerçekleştirmiş, farklı kontrol çevrimleri ile OS4 quadrorotorunun durum kontrolünü geliştirmiştir.

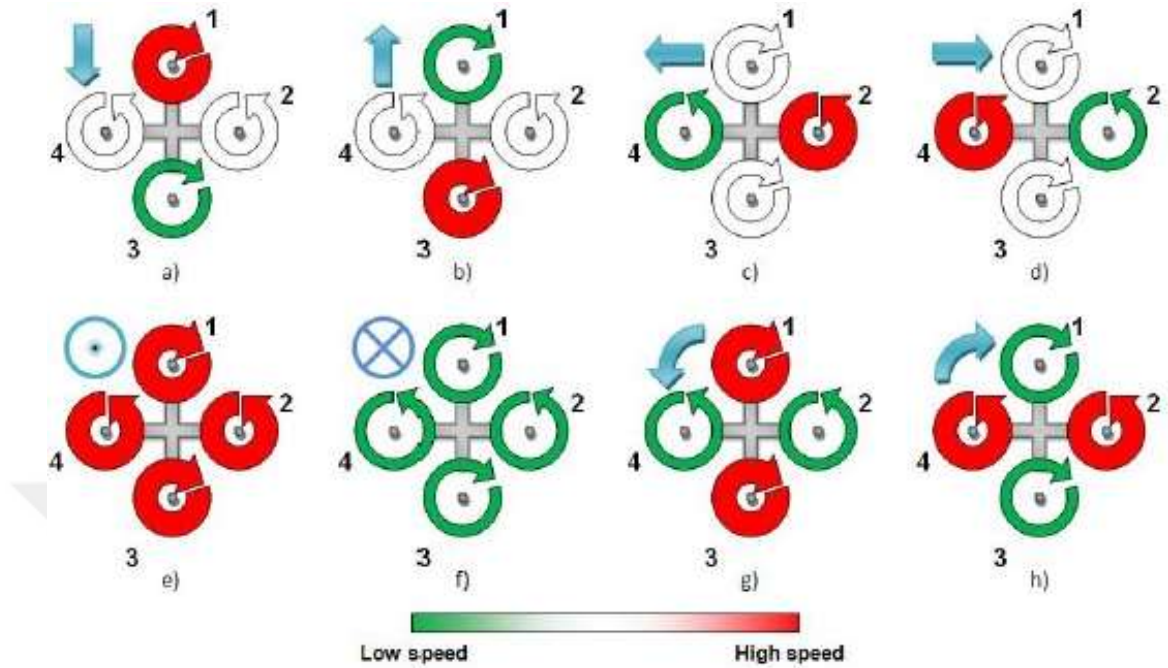


Şekil 1.7. OS4 Quadrotoru

1.3. Quadrotor Yapısı ve Quadrotora Etkiyen Kuvvet ve Momentler

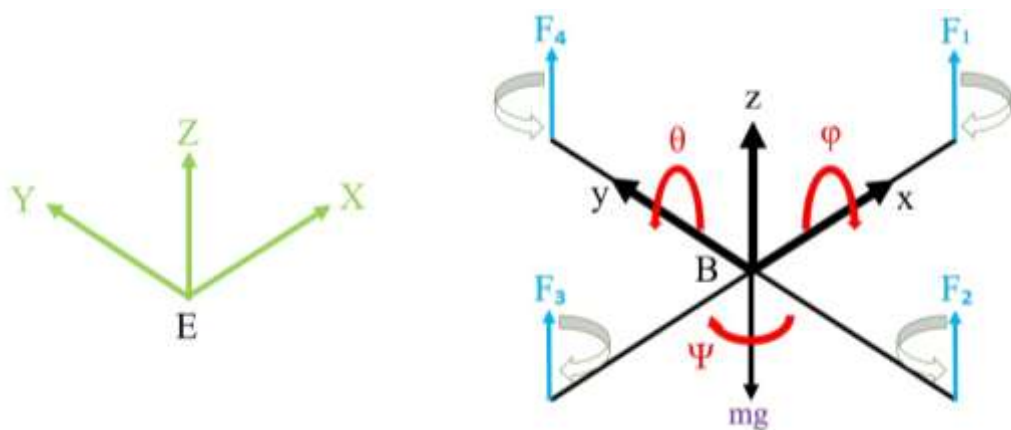
Dört rotorlu hava aracı yapısal basitliğine karşın kontrolü üzerindeki karmaşıklık ile ilgi çekmektedir. Bu hava aracı modellemek kolay olmasa da kontrol algoritmalarını sentez ve analiz yönünden ideal kılan, lineer olmayan doğası ve hareketine bağlı konfigürasyonu ile kontrol uygulamaları için çok güzel bir platformdur [19-23].

Dört rotorlu hava aracı aerodinamiği incelendiğinde, sabit bir gövdeye eşit uzunlukta kollar vasıtasıyla birleştirilmiş motorların tahrik ettiği pervaneler ile toplam taşıma kuvvetin oluşturulduğu bir yapı görülecektir. Karşılıklı pervane çiftleri saat yönü ve saat yönünün tersi olmak üzere aynı yönde eşit hızda dönerek hava aracının merkezine etki eden torkları dengelerler. Karşılıklı pervane çiftlerinin dönülerinin değişmesi ile quadrotorun üç boyutlu hareketi belirlenir. Sabit kanatlı hava araçlarında olduğu gibi quadrotorda da roll, pitch ve yaw eksenleri üzerinde yaptığı 3 boyutlu hareketi ve quadrotora etkiyen kuvvet ve momentler Şekil 1.8 [24] ve şekil 1.9'da gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Quadrotorun 3 Boyutlu Hareketinin Gösterimi

Sadece dikey eksende hareket için 4 rotör de aynı hızda dönerler. Rotorların pervaneler vasıtası ile oluşturdukları taşıma kuvvetinin büyüklüğüne göre dikey eksende pozitif veya negatif yönde hareket elde edilir. Şekil 1.9'da gösterilen eksen takımı göz önünde bulundurularak;



Şekil 1.9. Quadrotor Eksen Takımı ve Quadrotora Etkiyen Tork ve Momentler

Quadrotor üzerine etkiyen toplam tork ve momentler:

$$U_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (1.1)$$

Roll (Yalpa) hareketi, z eksenini doğrultusundaki taşıma kuvveti sabit kalmak üzere 2 ve 4 numaralı pervanelerin dönüşü zıt olarak değiştirilerek x eksenini etrafında elde edilir:

$$U_2 = l (F_4 - F_2) \quad (1.2)$$

Pitch (Yunuslama) hareketi, z eksenini doğrultusundaki taşıma kuvveti sabit kalmak üzere 1 ve 3 numaralı pervanelerin dönüşü zıt olarak değiştirilerek y eksenini etrafında elde edilir:

$$U_3 = l (F_3 - F_1) \quad (1.3)$$

Yaw (Sapma) hareketi ise, yine z eksenini doğrultusundaki taşıma kuvveti sabit kalmak üzere 1-3 ve 2-4 pervane çiftlerinin pervane dönüşlerinin değişimi sonucunda ortaya çıkan tork uyumsuzluğu ile z eksenini etrafında elde edilir [1, 2, 24]:

$$U_4 = T_2 + T_4 - T_1 - T_3 \quad (1.4)$$

1.4. Sistemin Dinamiği ve Matematiksel Model

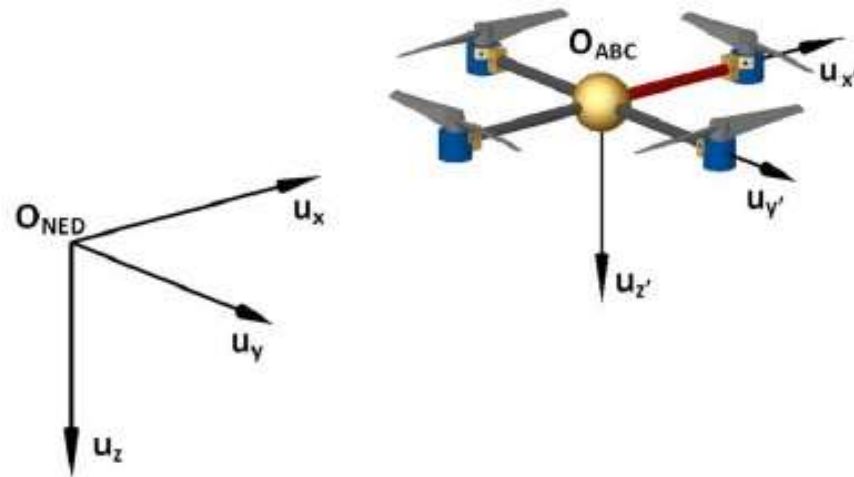
Quadrotor için tasarlanacak kontrol sisteminden önce sistemin dinamiği incelenmesi ve matematiksel analizi yapılması gerekmektedir.

Quadrotorun dinamiklerini tanımlayabilmek için iki adet referans eksen takımı tanımlanabilir [24]:

B: Quadrotorun Gövde Eksenini (Body Frame)

E: Quadrotorun Atalet Eksenini (Earth Frame)

Şekil 1.10'da [24] bu eksenleri gösteren O_{NED} atalet referans çerçevesi, O_{ABC} ile gövde sabit referans çerçevesi gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Quadrotor Eksen Takımları

Bu eksenlere göre quadrotor katı gövde modeli olarak 6 serbestlik düzeyine sahip bir sistemdir. Bu sistem 12 durum ile aşağıda belirtildiği şekilde ifade edilebilir;

Euler Açıları: φ, θ, ψ (phi theta, psi)

Quadrotorun Ağırlık Merkezinin (COG) Konumu: $[x, y, z]$

Doğrusal Hız Bileşenleri: $[\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}]$

Gövde Sabit Çerçevesinin her bir eksen için açısal hızı: $[p, q, r]$

Matematiksel model oluşturulurken bazı kabuller yapılmaktadır:

- Quadrotor ve pervaneler sabit kütleli katı yapıdadır (rijit),
- Quadrotor simetrik yapıdadır,
- Kütle ile gövde merkezi aynı yerde,
- Hava basıncı etkisi önemsenmemektedir.

O_{ABC} Çerçevesinin O_{NED} referans çerçevesine göre yönelimi incelenecek olursa;

$$I = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

$R(x,\varphi)$ = x eksenindeki rotasyon,

$R(y,\theta)$ = y eksenindeki rotasyon,

$R(z,\psi)$ = z eksenindeki rotasyon olmak üzere;

$$R(x,\varphi)= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varphi & \sin\varphi \\ 0 & \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

$$R(y,\theta)= \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (1.7)$$

$$R(z,\psi)= \begin{bmatrix} \cos\psi & -\sin\psi & 0 \\ \sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.8)$$

$R(\varphi,\theta,\psi)=R(x,\varphi) R(y,\theta) R(z,\psi)$ tam rotasyon matrisi olmak üzere;

$$R = \begin{bmatrix} \cos\psi\cos\theta & \cos\psi\sin\theta\sin\varphi-\sin\psi\cos\varphi & \cos\psi\sin\theta\cos\varphi+\sin\psi\sin\varphi \\ \sin\psi\cos\theta & \sin\psi\sin\theta\sin\varphi+\cos\psi\cos\varphi & \sin\psi\sin\theta\cos\varphi-\sin\psi\cos\varphi \\ -\sin\theta & \cos\theta\sin\varphi & \cos\theta\cos\varphi \end{bmatrix} \quad (1.9)$$

Denklemleri elde edilir [6].

Quadrotorun hareket denklemleri Newton Euler biçiminde aşağıdaki şekilde belirtilebilir [6, 9, 24]:

$$\ddot{\varphi} = \dot{\theta}\dot{\psi} \left(\frac{I_y - I_z}{I_x} \right) - \frac{J_r}{I_x} \dot{\theta}\Omega + \frac{l}{I_x} U_2 \quad (1.10)$$

$$\ddot{\theta} = \dot{\varphi}\dot{\psi} \left(\frac{I_z - I_x}{I_y} \right) - \frac{J_r}{I_y} \dot{\varphi}\Omega + \frac{l}{I_y} U_3 \quad (1.11)$$

$$\ddot{\psi} = \dot{\varphi}\dot{\theta} \left(\frac{I_x - I_y}{I_z} \right) + \frac{1}{I_z} U_4 \quad (1.12)$$

$$\ddot{x} = (\cos\varphi\sin\theta\cos\psi - \sin\varphi\sin\psi)U_1/m \quad (1.13)$$

$$\ddot{y} = (\cos\varphi\sin\theta\sin\psi - \sin\varphi\cos\psi)U_1/m \quad (1.14)$$

$$\ddot{z} = -g + (\cos\varphi\cos\theta)U_1/m \quad (1.15)$$

$$U_1 = b (\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \quad (1.16)$$

$$U_2 = b (\Omega_4^2 - \Omega_2^2) \quad (1.17)$$

$$U_3 = b (\Omega_3^2 - \Omega_1^2) \quad (1.18)$$

$$U_4 = d (-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \quad (1.19)$$

Tablo 1.1. Matematiksel Modelde Kullanılan Semboller ve Tanımları

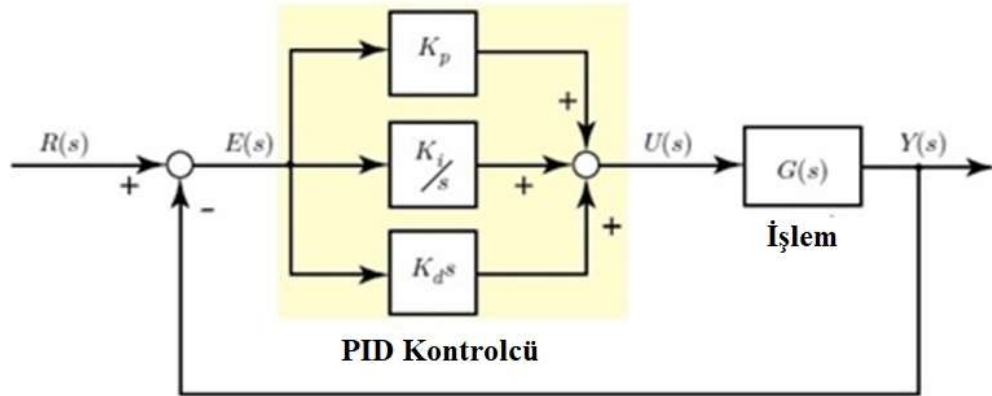
Sembol	Tanım
φ	Yalpa Açısı
θ	Yunuslama Açısı
ψ	Sapma Açısı
I_x	x-eksenindeki quadrotor atalet momenti
I_y	y-eksenindeki quadrotor atalet momenti
I_z	z-eksenindeki quadrotor atalet momenti
J_r	Pervane eksenindeki toplam döndürme atalet momenti
Ω	Rotor açısal hızı
l	Pervane merkezi ile quadrotor merkezi arasındaki mesafe

1.5. PID Kontrol Parametreleri ve Etkileri

Bu tez çalışmasında, dört rotorlu İHA ile elde edilen görüntülerde oluşacak hareket bulanıklığına sebep olan bulanıklaştırma haritasının oluşumunun giderilmesi veya iyileştirilmesi incelenecektir. Bu amaçla bölümün devam eden kısmında, bulanıklaştırma haritası problemini iyileştirmek için tasarlanacak PID kontrol sistemi incelenecektir.

PID (Oransal, İntegral, Türev) kontrol türü, 1915-1940 yılları arasında keşfedilmiş ve Bristol, Fisher, Foxboro, Honeywell, Leeds&Northrup Mason-Neilan ve Taylor gibi kuruluşlar tarafından geliştirilmiştir [28]. Bu kontrol türü endüstriyel uygulamalarda en

sık tercih edilen kontrol yöntemlerindedir. Bu duruma sebep olarak kontrol sisteminin basit yapısı ve birçok sistem için iyi performans göstermesi gösterilebilir [2]. Standart PID kontrol yapısı Şekil 1.11’de [25] gösterilmiştir.



Şekil 1.11. PID Kontrol Yapısı

Kapalı çevrim kontrol sistemlerinde kontrol edilen değişkenin aldığı değer, geri besleme ile kontrol edicinin girişine verilir. Kontrol edici, ayar değeri ile geri besleme değeri arasındaki farkı hesaplar ve bunu kendisine öğretilen uygun bir kontrol algoritmasına göre işleyerek kontrol edilen sisteme gönderilmek üzere bir çıkış sinyali üretir. PID kontrol sistemi, üç adet kontrol edicinin birleştirilmesiyle oluşan geri beslemeli bir kontrol sistemidir.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1.20)$$

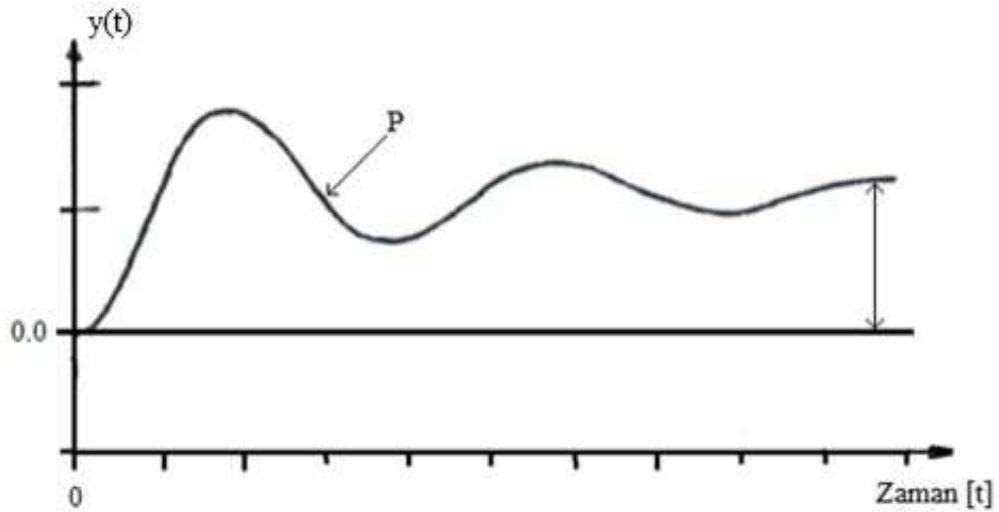
Tablo 1.2. PID Kontrol İçin Kullanılan Parametreler

Kp	Oransal kazanç ayar parametresi
Ki	İntegral kazanç ayar parametresi
Kd	Türev kazanç ayar parametresi
e	Hata
t	Zaman
τ	İntegrasyon değişkeni

Bu kontrol sisteminde P, I ve D parametrelerinin sisteme etkileri farklı şekildedir. Bu parametrelerin kazanç katsayıları değiştirilerek en uygun kontrol katsayıları elde edilir [2, 26].

1.5.1. Oransal (P) Kontrol Etkisi

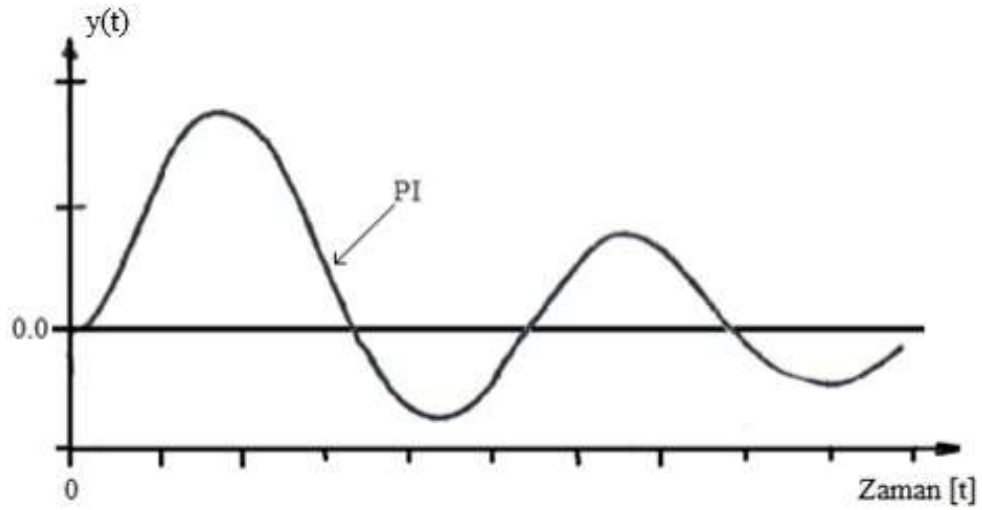
Oransal (P) kontrol yönteminde belirlenen hata değeri oransal kazanç katsayısı K_p ile çarpılarak sisteme geri verilir. Oransal kontrolcülerin bir dezavantajı kararlı çalışmayı bozan etkiler veya ayar değeri değişimlerinden sonra oluşan kararlı hal hatalarını yok edememesidir. Yalnızca oransal kontrol uygulandığında kontrol edilen değişken belirli bir kararsız çalışma sonrasında yeni bir kararlı hal değerine döndürülür ve yeni kararlı hal ile başlangıç kararlı hal değeri arasında fark oluşur. Bu farka kararlı hal hatası denir. Bu durum Şekil 1.12’de gösterilmiştir [26].



Şekil 1.12. Bir Prosesin Oransal (P) Kontrol Çevriminde Birim Basamak Yük Değişimine cevabı

1.5.2. Oransal-İntegral (PI) Kontrol Etkisi

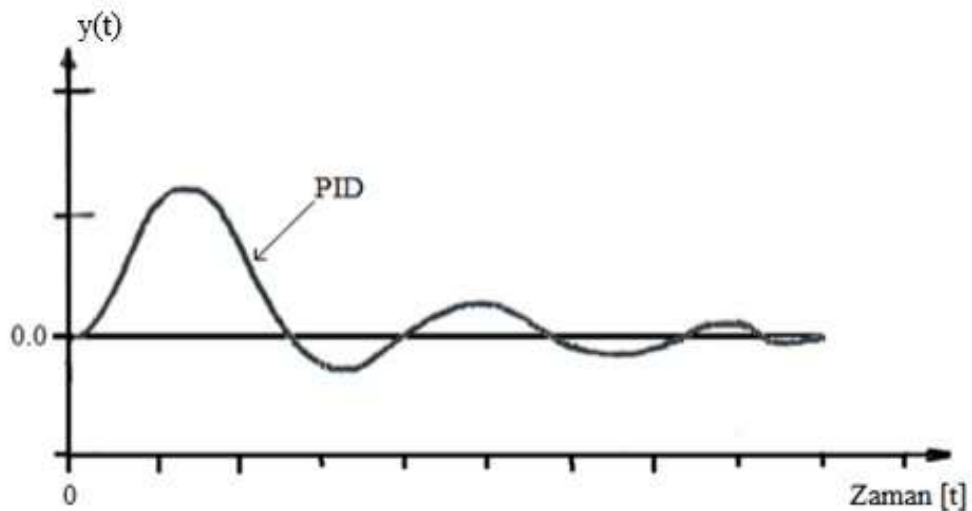
Oransal Kontrol, İntegral kontrol ile birleştirilerek Oransal-İntegral (PI) kontrol çevrimi oluşturulur. Bu kontrol çevrimine Oransal (P) kontrolün İntegral kontrol ile geliştirilmesi de denebilir. Bu çevrimde kararlı hal hatası (offset) yok edilir fakat daha uzun yanıt süresi gerektirir. Sadece oransal (P) kontrol uygulanırken geçen süreden daha fazla uzun osilasyon periyodu oluşur. Bu durum Şekil 1.13’te gösterilmiştir [26].



Şekil 1.13. Bir Prosesin Oransal-İntegral (PI) Kontrol Çevriminde Birim Basamak Yük Değişimine cevabı

1.5.3. Oransal-İntegral-Türevsel (PID) Kontrol Etkisi

Oransal-İntegral Kontrole Türevsel kontrol eklenerek Oransal-İntegral-Türevsel (PID) kontrol çevrimi oluşturulur. PI kontrolde oluşan salınım hatası (offset) aynı şekilde elimine edilirken, kontrol edilen değişkene müdahale hızlanır salınım derecesi ve yanıt zamanı düşer. Bu kapsamda diğer kontrol çevrimlerine göre daha tatmin edicidir. Bu durum Şekil 1.14'te gösterilmiştir [26].



Şekil 1.14. Bir Prosesin Oransal-İntegral-Türevsel (PID) Kontrol Çevriminde Birim Basamak Yük Değişimine cevabı

1.6. ARI 30 Quadrotoru için PID Kontrol Tasarımı

Bu tez çalışması KOSGEB desteği ile üretilmiş olan ARI 30 dört rotorlu İHA kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ARI 30 İHA 4 rotorlu, 1,5 kg faydalı yük taşıma kapasitesine sahip, 20 dakikaya kadar havada kalabilen, aşağıda resimleri ve teknik özellikleri verilen yerli özgün bir İHA'dır.



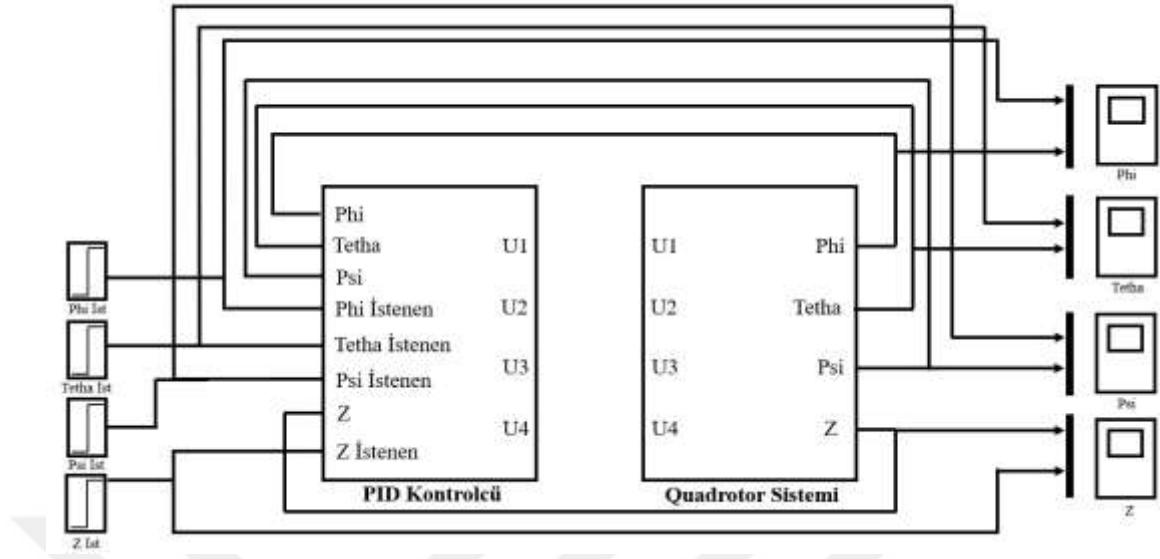
Şekil 1.15. ARI 30 Yerli Özgün İHA

ARI 30 İHA'nın teknik özellikleri Tablo 1.3'te gösterilmiştir.

Tablo 1.3. ARI 30 Quadrotor İHA Teknik Özellikleri

Parametre	Sayısal Değer	Birim
Pervane Kol Uzunluğu	0,28	m
Motor Ağırlığı	0,106	kg
Toplam Ağırlık	0,982	kg
Pervane Yarıçapı	0,165	m
Motor Yüksekliği	0,01	m
Quadrotor Yüksekliği	0,15	m

Bu tez çalışması için tasarlanan PID kontrol sistemi Şekil 1.16'daki gibi belirlenmiştir.



Şekil 1.16. ARI 30 İHA PID Kontrol Tasarımı

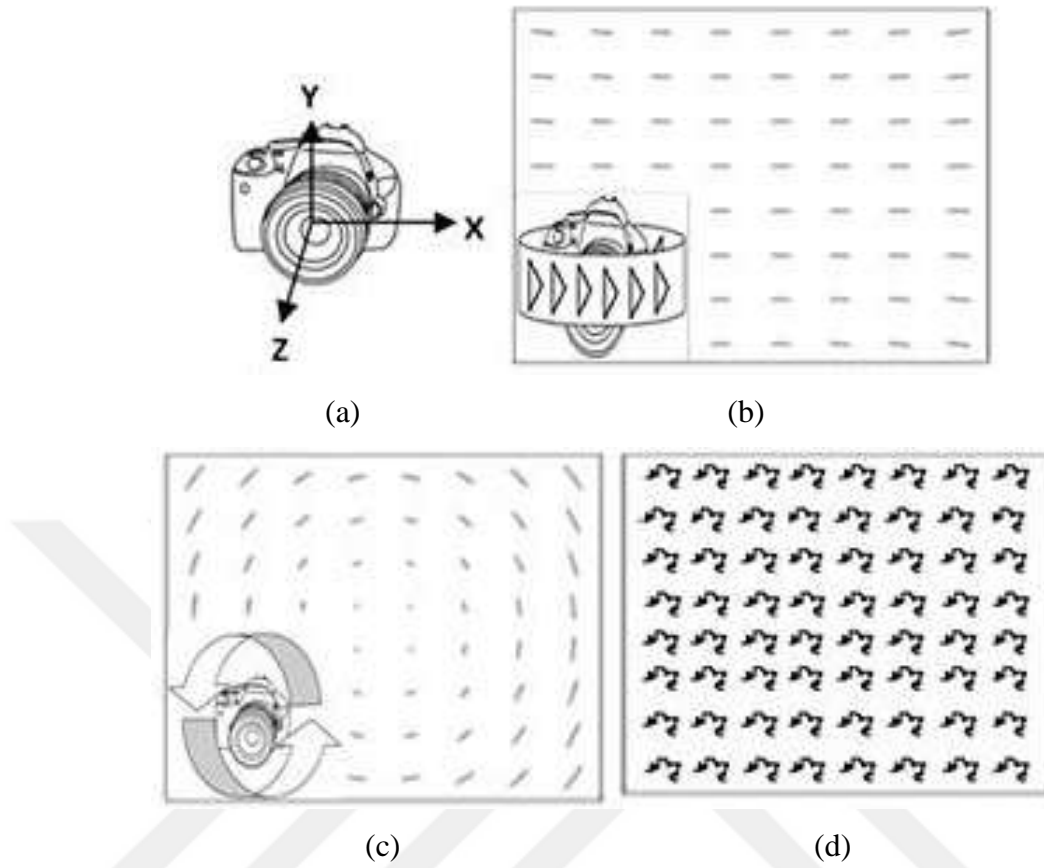
2. BÖLÜM

BULANIKLAŞTIRMA HARİTASI

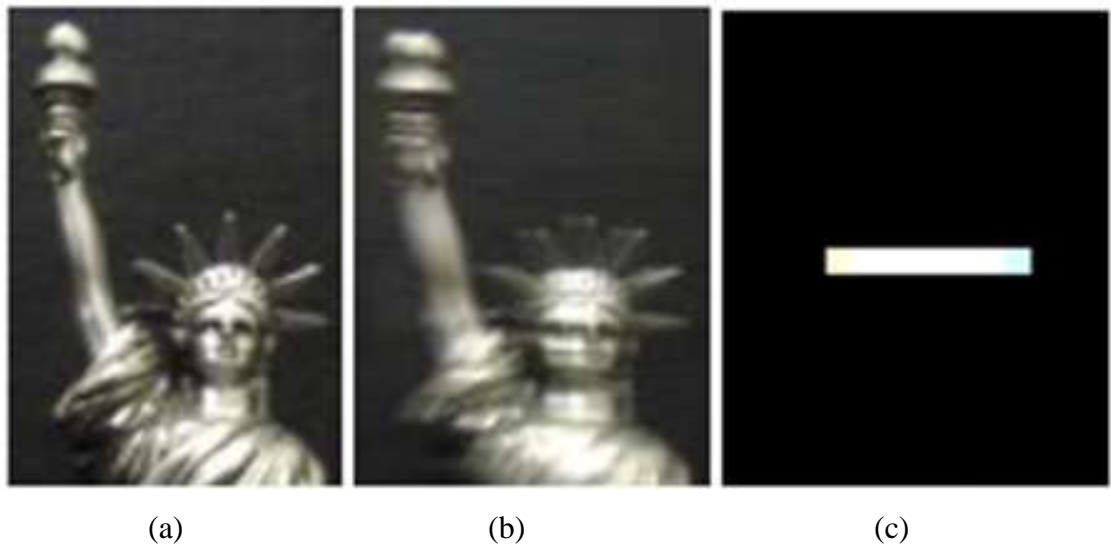
Günümüzde imge işleme teknikleri tıp ve biyoloji alanından coğrafi bilimlere, uzay bilimlerinden savunma sanayine kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dijital fotoğrafçılıkta ise hareket bulanıklığı olan imgeler, imge işleme teknikleri üzerine temel bir araştırma problemidir. Hareket bulanıklığı sıklıkla el kameraları veya üzerine kamera yerleştirilmiş araçlardan alınan imgelerde görülmektedir. Bulanıklığa sebep olan titreşimler için geliştirilen karşıt teknolojiler ne kadar kullanılırsa kullanılsın limitleri bulunmaktadır. Çünkü ani yaşanabilecek aşırı titreşimlerden kaçınılması imkânsızdır. Dolayısıyla görüntülerde yaşanabilecek hareket bulanıklığı üzerine çok çeşitli imge işleme teknikleri kullanılmaktadır [9, 10].

Bulanıklaştırma haritası, imge elde edilirken kameranın titreşim haritasını ifade eder. İmge elde edilirken titreşim, kameranın hareket ettiği üç ekseninde de olabilir. Farklı eksenlerde gerçekleşen titreşim hareketine göre farklı bulanıklaştırma haritaları ortaya çıkabilir. Bu durum Şekil 2.1 [11] ve Şekil 2.2'de [12] gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Kamera Hareketleri (a) Kamera Eksenleri, (b) Y-Eksenindeki Hareket ile Oluşan Bulanıklaştırma Haritası, (c) Y-Eksenindeki Hareket ile Oluşan Bulanıklaştırma Haritası, (d) Rastgele Hareket ile Oluşan Bulanıklaştırma Haritası



Şekil 2.2. Bulanıklaştırma Haritası Örneği (a) Net İmge, (b) Bulanık İmge, (c) Bulanıklaştırma Haritası

2.1. Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama

Matematiksel olarak bulanıklaştırma, imge bozulmasına yol açan lineer bir işlem olarak tanımlanabilir. Bulanıklaştırma modeli iki işlem olarak tarif edilebilir; ilk işlem orijinal imgeyi (bulanıklaştırılmamış veya net) bilinmeyen bulanıklaştırma haritası ile birleştirmek, ikinci işlem ise birinci işlem sonucu oluşan imgeye biraz gürültü eklemek şeklindedir. Bu durumu açıklayan ve bulanıklığının oluşum sürecini ifade eden eşitlik genellikle aşağıda belirtildiği gibi modellenir [12, 13]:

$$B=I\otimes k+n \quad (2.1)$$

B bulanık imgeyi, I Net İmgeyi, k bulanıklaştırma haritasını, n , ilave gürültüyü, \otimes ise konvolüsyon işlemcisini ifade eder. Bulanıklaştırma haritası k şu şekilde ifade edilebilir [15]: bulanıklaştırılmamış imgenin yani net imgenin, tek bir parlak (beyaz) piksel içerdiğini ve imgede geriye kalan piksellerin ise siyah olduğunu düşünelim. İmge elde edilirken yani pozlama yapılırken bu tek beyaz piksel komşu piksellere titreşim sebebiyle kaynaklanan hareketten dolayı yayılır. Bu tek ve parlak olan piksel nokta kaynağı olarak ifade edilirken nokta kaynağının yayılma fonksiyonu ise k ile yani bulanıklaştırma haritası olarak ifade edilir. Bulanıklaştırma haritası, Şekil 2.1 ve Şekil 2.2 ile anlatılan hareket kaynaklı imge bulanıklığını belirten titreşim haritasını ifade etmektedir.

Matematiksel ifadesi (2.1) ile belirtilen model bulanıklaştırma işleminin konvolüsyon ile yapılışını göstermektedir. Bu doğrultuda tersine mantık ile bir imgeyi netleştirme işlemi imge dekonvolüsyonu olarak ifade edilir. İmge dekonvolüsyonu ile bulanıklaştırma haritası hesaplanabilir. Bulanıklaştırma haritasının hesaplanması imgenin iyileştirilmesine de yarar. Bulanık bir imge faydalı bilgilerini kaybeder. İmgedeki bulanıklığın giderilmesi imgedeki faydalı bilgilere erişim imkânını verir.

2.2. Kör Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama

Literatürde ileri sürülen farklı imge restorasyon teknikleri bulunmaktadır [9, 10, 13, 14]. Bu yaklaşımlardan bazıları kör olmayan veya bulanıklık filtresinin tahmini için ön bilgi gerektiren tekniklerdir. Diğerleri ise kör olarak adlandırılır ve imge netleştirme işlemi bulanıklık filtresi için ön bilgi olmaksızın gerçekleştirirler [12, 15-17]. Kısaca,

netleştirme işlemi yapılırken eğer bulanıklaştırma haritası için herhangi bir ön bilgi yoksa bu durum “kör” olarak adlandırılır. Kör bulanıklaştırma haritası hesaplama işlemi oldukça zor bir işlemdir. Çünkü görüntünün çekildiği kameranın titreşim haritası, başlangıç pozisyonu gibi kriterler bilinmemektedir.

Kör olarak yapılan imge restorasyonu, bulanık olan tek imgeden bulanıklaştırma haritası tahmini yapmayı gerektirir. Örnek olarak Onay, yaptığı çalışmada [12] bulanıklaştırma haritası tahminini sürü optimizasyon yöntemlerinden Arı Algoritmasını (AA) ile gerçekleştirmiştir. (2.2) ile gösterilen maliyet fonksiyonunu AA ile optimize ederek bulanıklaştırma haritası tahminini gerçekleştirmiştir. Bu tez çalışmasında kör bulanıklaştırma haritası tahmini de aynı yöntem ile yapılmıştır.

$$CF = \text{BlurMetric} - \text{Sharpness} \quad (2.2)$$

Denklemden CF (Cost Function) maliyet fonksiyonu, BlurMetric imgenin bulanıklık değeri, Sharpness ise imgenin netlik değeridir.

BlurMetric değeri bulanıklık problemini, imgedeki komşu pikseller arasında gerçekleşen değişimi analiz ederek şiddetini 0 ile 1 aralığında hesaplayan bir referans değeridir. Bu değer hesaplanırken [18] F , $m \times n$ piksel büyüklüğündeki bir imge veya video çerçevesinin parlaklık bileşeni olmak üzere bulanıklık etkisinin belirlenmesi ve B_{dik} , B_{yat} oluşturmak için bir dikey ve bir yatay olmak üzere güçlü geçirgenlik filtresi seçilir:

$$h_d = \frac{1}{9} \times [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] \quad (2.3)$$

$$h_y = \text{transpose}(h_d) = h'_d \quad (2.4)$$

$$B_{dik} = h_d * F \quad (2.5)$$

$$B_{yat} = h_y * F \quad (2.6)$$

Ardından komşu piksellerin değişimi üzerinde çalışabilmek için, mutlak fark imgeleri $D_{F_{dik}}$, $D_{F_{yat}}$, $B_{F_{dik}}$, $B_{F_{yat}}$ hesaplanır:

$$D_{F_{dik}}(i,j) = Abs(F(i,j) - F(i-1,j)) \text{ for } i = 1 \text{ to } m-1, j = 0 \text{ to } n-1 \quad (2.7)$$

$$D_{F_{yat}}(i,j) = Abs(F(i,j) - F(i,j-1)) \text{ for } j = 1 \text{ to } n-1, i = 0 \text{ to } m-1 \quad (2.8)$$

$$D_{B_{dik}}(i,j) = Abs(B_{dik}(i,j) - B_{dik}(i-1,j)) \text{ for } i = 1 \text{ to } m-1, j = 0 \text{ to } n-1 \quad (2.9)$$

$$D_{B_{yat}}(i,j) = Abs(B_{yat}(i,j) - B_{yat}(i,j-1)) \text{ for } j = 1 \text{ to } n-1, i = 0 \text{ to } m-1 \quad (2.10)$$

Komşu piksellerin değişimi ise şu şekilde analiz edilir; eğer değişim yüksekse, başlangıç imgesi ya da çerçevesi nettir fakat değişim küçükse başlangıç imgesi ya da çerçevesi zaten bulanıktır. Bu değişim sadece azalmış olan mutlak farklar üzerinden değerlendirilir:

$$V_{dik} = Max(0, D_{F_{dik}}(i,j) - D_{B_{dik}}(i,j)) \text{ for } i = 1 \text{ to } m-1, j = 1 \text{ to } n-1 \quad (2.11)$$

$$V_{yat} = Max(0, D_{F_{yat}}(i,j) - D_{B_{yat}}(i,j)) \text{ for } i = 1 \text{ to } m-1, j = 1 \text{ to } n-1 \quad (2.12)$$

Ardından, başlangıçtaki imge üzerinden değişimi kıyaslamak için aşağıda belirtildiği gibi $D_{F_{dik}}$, $D_{F_{yat}}$, $D_{V_{dik}}$, $D_{V_{yat}}$ katsayılarının toplamı hesaplanır:

$$t_{F_{dik}} = \sum_{i,j=1}^{m-1,n-1} D_{F_{dik}}(i,j) \quad (2.13)$$

$$t_{F_{yat}} = \sum_{i,j=1}^{m-1,n-1} D_{F_{yat}}(i,j) \quad (2.14)$$

$$t_{V_{dik}} = \sum_{i,j=1}^{m-1,n-1} D_{V_{dik}}(i,j) \quad (2.15)$$

$$t_{V_{yat}} = \sum_{i,j=1}^{m-1,n-1} D_{V_{yat}}(i,j) \quad (2.16)$$

Son adım olarak çıkan sonuçlar 0 ile 1 aralığında normalleştirilir:

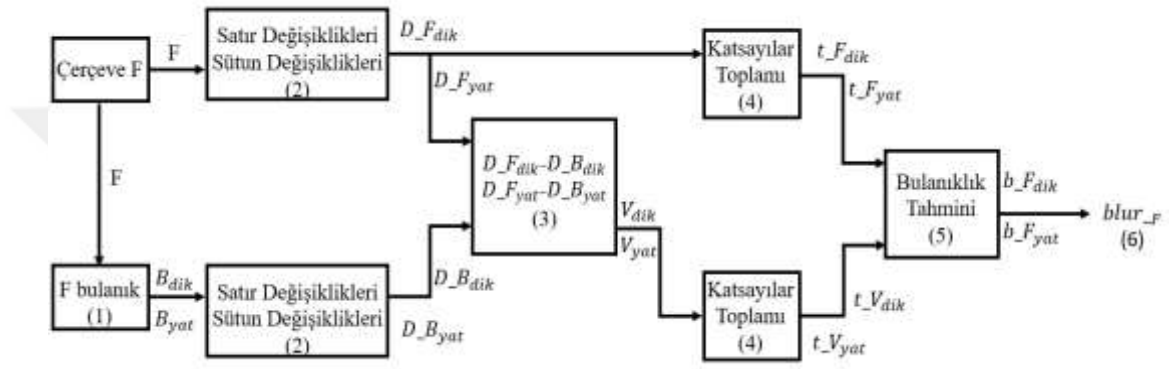
$$b_{F_{dik}} = \frac{t_{F_{dik}} - t_{V_{dik}}}{t_{F_{dik}}} \quad (2.17)$$

$$b_{F_{yat}} = \frac{t_{F_{yat}} - t_{V_{yat}}}{t_{F_{yat}}} \quad (2.18)$$

Ardından dikey ve yatay bulunan değerlerin arasından daha büyük olanı nihai bulanıklık değeri olarak seçilir:

$$Blur_F = Max(b_F_{dik}, b_F_{yat}) \quad (2.19)$$

Yukarıda belirtilen eşitlikler ile hesaplanan BlurMetric değeri için akış diyagramı Şekil 2.3'te [18] gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Blurmetric Değeri Hesaplama Akış Diyagramı

Sharpness yani netlik değeri ise aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanmıştır:

$$[B_x, B_y] = \text{gradient}(B) \quad (2.20)$$

$$S = \text{sqrt}(B_x^2 + B_y^2) \quad (2.21)$$

$$\text{sharpness} = \text{sum}(\text{sum}(S)) / (\text{numel}(B_x)) \quad (2.22)$$

B bulanık imgeyi, *numel* bir fonksiyon olarak elementlerin sayısının değerini ifade etmektedir.

2.2.1. Arı Algoritması

Arıların doğal yaşamı incelendiğinde, yiyecek kaynaklarını kullanmak üzere kilometrelerce alana ve farklı yönlere yayılan bir popülasyon görülmektedir. Arıların en bol nektar ve polenleri temin etme işlemi kalabalık arı toplulukları ile gerçekleştirilir ve toplama işlemi izci arılar olarak tabir edilen koloni ile başlar. İzci arılar kovana geri döndüklerinde “dans platformu” olarak adlandırılan bölümde sürünün diğer üyelerine

“sallanma dansı” adlı gizemli bir dans ile, buldukları belirli bir kalite eşiği üzerinde yer alan (kalite eşiği şeker miktarı gibi değerleri içermektedir) yiyeceği içeren çiçek bitkisinin 3 adet bilgisini iletirler [42, 43]:

- Bulunan yönü,
- Kovandan uzaklığı,
- Kalite değerini (uygunluk değerini).

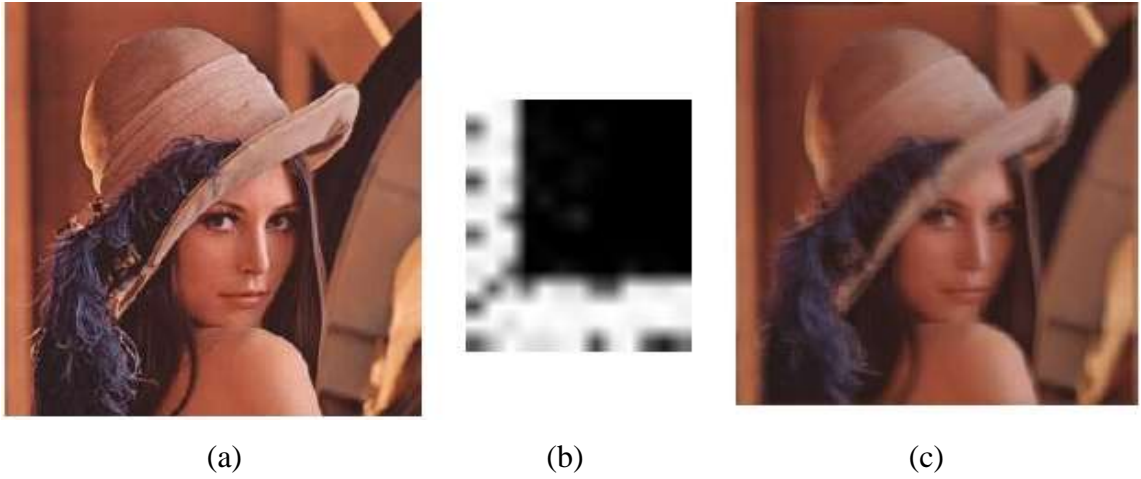
Arıların doğal formatlanmış bu sürü hareketinden türetilen optimizasyon yöntemi algoritmasının adımları aşağıdaki akış şemasında belirtilmiştir:

Akış Diyagramı

1. Rastgele bir popülasyon üret,
2. Popülasyonun uygunluk değerini hesapla,
3. Komşuluk araştırması için elit arıları ve elit konumları seç,
4. Komşuluk ilişkisi için diğer konumları seç,
5. Arıları seçilmiş konumlara görevlendir ve uygunluk değerini hesapla,
6. Her konumdan en yeterli arıyı seç,
7. Geriye kalan arıları rastgele arama yapmak için topla ve uygunluk değerlerini hesapla,
8. Sonlandırma kriterine ulaşamadıysa üçüncü adıma git,
9. Algoritmayı sonlandır.

2.2.2. Çalışmanın Yöntemi ve Elde Edilen Sonuçların Analizi

Çalışmada öncelikle Şekil 2.4’te [12] görüldüğü gibi rastgele bir bulanıklaştırma haritası belirlenerek, Lena imgesine konvolize edilmiştir. Bu uygulama sonucu ortaya bulanıklaşmış bir Lena imgesi ortaya çıkmıştır.



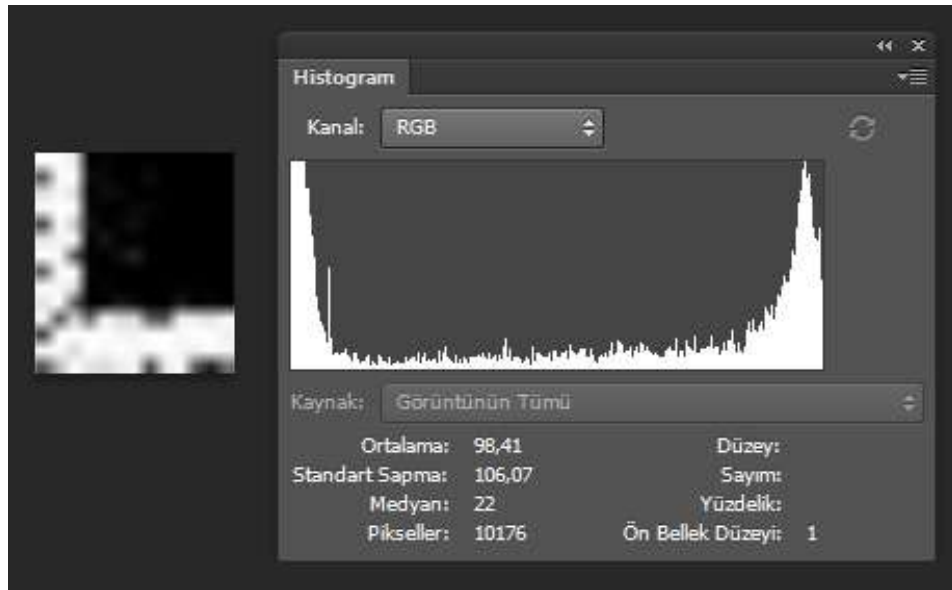
Şekil 2.4. Bulanıklaştırma İşlemi (a) Net İmge, (b) Bulanıklaştırma İçin Kullanılan Bulanıklaştırma Haritası, (c) Bulanık İmge

Ardından bulanık Lena imgesi, yukarıda belirtilen maliyet fonksiyonu ve AA kullanılarak gerçekleştirilen kör bulanıklaştırma haritası tahmini yöntemi ile netleştirilmeye çalışılmıştır. Bu netleştirme işlemi sonucunda elde edilen kör bulanıklaştırma haritası ise Şekil 2.5'te [12] gösterilmiştir.



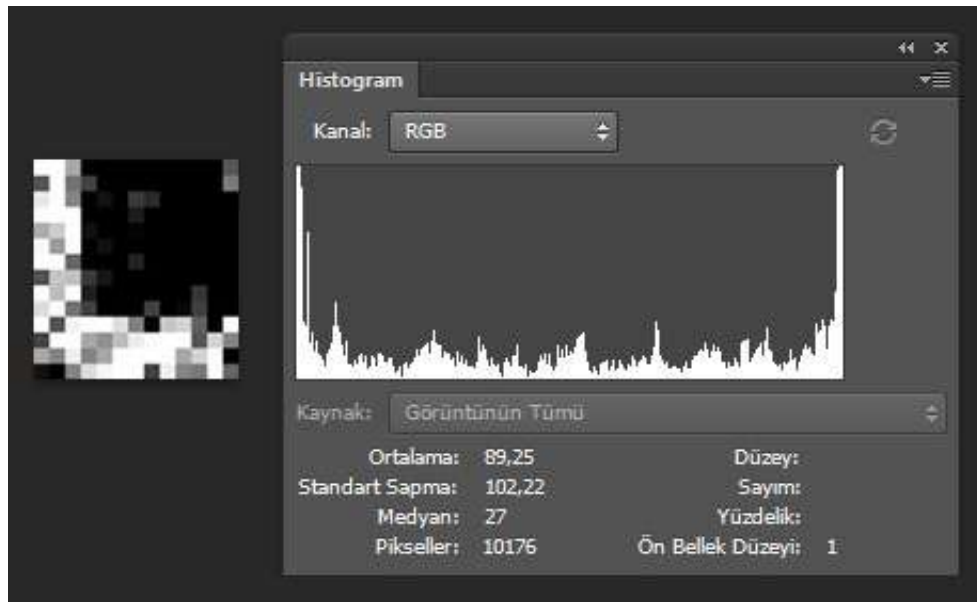
Şekil 2.5. Kör Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama (a) Bulanıklaştırılmış İmge, (b) Netleştirilmiş İmge, (c) Hesaplanan Bulanıklaştırma Haritası

Yukarıda belirtilen çalışmada hesaplanan kör bulanıklaştırma haritaları, bu tez çalışmasında histogramları üzerinden analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Şekil 2.6'da Lena imgesini bulanıklaştırmak için uygulanan bulanıklaştırma haritasının histogramı gösterilmiştir. Şekil 2.7'de ise bulanıklaştırılmış Lena imgesinden tahmin yolu ile elde edilen kör bulanıklaştırma haritasının histogramı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Lena İmgesine Uygulanan Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı

Lena imgesine uygulanan kör bulanıklaştırma haritası incelendiğinde gri ton ortalama değerinin 98,41 olduğu görülmektedir. Ayrıca renk dağılımının standart sapmasının ise 106,07 olduğu görülmektedir.



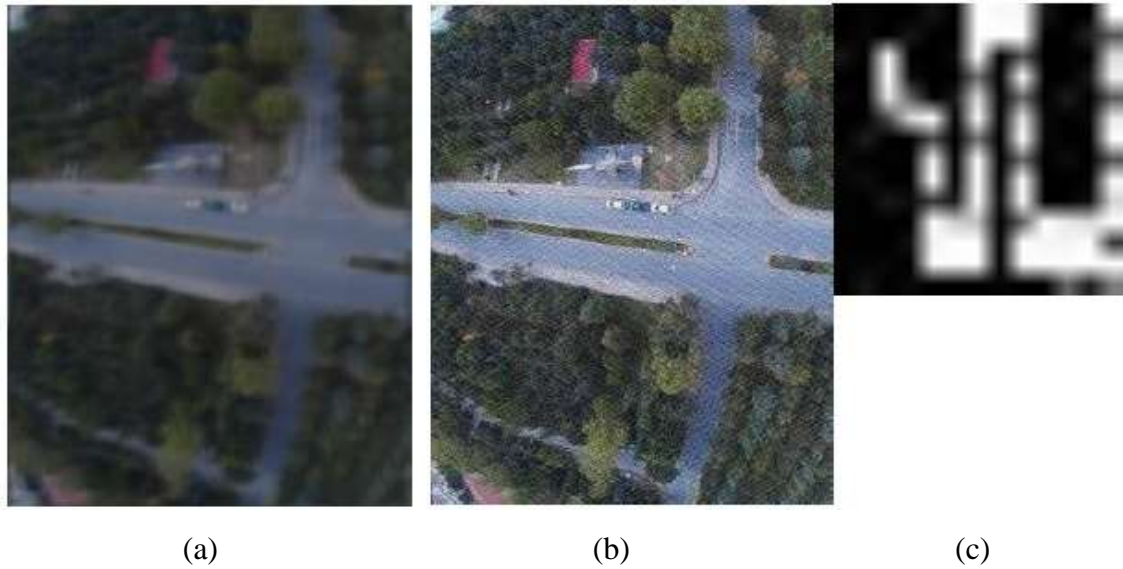
Şekil 2.7. Bulanıklaştırılmış Lena İmgesinden Tahmin Yolu İle Elde Edilen Kör Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı

Bulanıklaştırılmış Lena imgesinden tahmin yolu ile elde edilen kör bulanıklaştırma haritası incelendiğinde ise gri ton ortalama değerinin 89,25 olduğu görülmektedir. Ayrıca renk dağılımının standart sapmasının is 102,22 olduğu görülmektedir. Şekil 2.5

ve Şekil 2.6'da gösterilen haritaların gri ton ortalama değerlerinin aralarındaki 9,16'lık değer farkı yüzde cinsinden hesaplandığında %9,3'e tekabül ettiği görülmektedir. Bu fark gerçek bulanıklaştırma haritası ile tahmin edilen bulanıklaştırma haritasının arasındaki farkı ortalama olarak ifade etmektedir.

2.3. Hava Görüntülerinden Kör Bulanıklaştırma Haritası Hesaplama

Hava araçları ile elde edilen imgelerde oluşan bulanıklık, kör bulanıklaştırma haritası tahmini yöntemine güzel bir örnektir. Hava araçlarında itki sistemleri, aerodinamik kuvvet ve momentlerin etkisi ile çeşitli uçuş şartlarında titreşimler oluşmaktadır. Oluşan titreşimler sebebiyle bulanık olarak elde edilen imgeler için herhangi bir bulanıklaştırma haritası bilgisi bulunmamaktadır. Bu kapsamda elde edilen imgelerin kör bulanıklaştırma haritası tahmini yöntemi ile netleştirilmesi gerekmektedir. Şekil 2.8'de hava aracından elde edilen bulanık görüntünün kör bulanıklaştırma haritası tahmini yöntemi ile netleştirilmesi görülmektedir [12].



Şekil 2.8. Hava Aracından Elde Edilen İmge Netleştirme (a) Bulanık İmge, (b) Netleştirilmiş İmge, (c) Hesaplanan Bulanıklaştırma Haritası

3. BÖLÜM

BULANIKLAŞTIRMA HARİTASI VE KONTROL SİSTEMİ İLİŞKİSİ

Bu bölümde, dört rotorlu hava aracı ile elde edilen görüntüler üzerinde bulanıklaştırma haritasının oluşumunun engellenmesi veya optimize edilmesi incelenmiştir. Bu durumun tasarlanan PID kontrol sistemi ile direk ilişkisi bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında amaç yalnızca bir kontrol sistemi tasarlamak değil aynı zamanda bu sistemin kalitesini belirleyici ve çalışmanın verimini artırıcı olacak şekilde kontrol parametrelerini de iyileştirebilmektir. Bunun için birinci bölümde ARI 30 quadrotor İHA için tasarlanan PID kontrol sisteminin parametreleri Tilki Avı Algoritması ile bir optimizasyon işlemine tabi tutulmuştur.

3.1. Bulanıklaştırma Haritası ile PID Parametrelerinin Bağlantısı

Hava araçlarında motor, yapısal kararsızlıklar, aerodinamik şartlar vb. nedenlerden ötürü istenmeyen titreşimler ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla herhangi bir hava aracı ile uçuş esnasında elde edilecek imgelerde hareket bulanıklığı olabilmektedir. Bu durum aynı şekilde İHA'larda da gerçekleşmektedir. Hava araçları vasıtası ile elde edilen imgelerdeki hareket bulanıklığına sebep olan titreşimlerin haritası bilinmemektedir. Titreşim haritası olarak bahsedilen terim, ikinci bölümde açıklanan bulanıklaştırma haritasının kendisidir. Dolayısıyla hava aracı ile elde edilirken titreşim sebebiyle bulanık hale gelen bu imgelerden titreşim haritası çıkartma işlemi tam olarak kör bulanıklaştırma haritası hesaplama alanına girmektedir. Elde sadece bulanık imge vardır ve bu imgede, titreşim haritası bulanıklığa sebep olmuştur. Bulanıklığın yönü ve oluşum şekli bize hava aracındaki titreşimin yön ve şiddet bilgilerini verir. Bu teoriden yola çıkılarak hava aracı üzerindeki titreşim büyüklüğü ve şekli hesaplanabilir. Bu durum, bu

tez çalışmasının amacını belirtmektedir. Hava aracının kontrol sistemi ile uçuşu ve kontrol sistemi olmaksızın uçuşu esnasında ayrı ayrı elde edilen imgeler üzerinde yapılacak kör bulanıklaştırma haritası çıkarımı karşılaştırmalarının incelemesi ile, tasarlanan kontrol sisteminin başarısı değerlendirilebilir. Çünkü kontrol sisteminin tasarlanma amacı hava aracının kötüleşen şartlarda daha stabil ve/veya stabil hale daha hızlı gelen uçuş gerçekleştirmesi olduğundan; kontrol sistemi ile uçuş gerçekleştirilirken elde edilen bulanık imgelerden hesaplanan bulanıklaştırma haritasının, kontrol sistemi olmadan uçuş gerçekleştirilirken elde edilen bulanık imgelerden elde edilen bulanıklaştırma haritasından daha küçük olması beklenmektedir.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen PID kontrol parametrelerinin iyileştirilmesi işleminin amacı ise tasarlanan PID kontrol sistemi ile stabil hale getirilmeye çalışılacak uçuş performansının daha stabil hale getirilebilmesi, dolayısıyla elde edilecek imgelerdeki hareket ve titreşim kaynaklı bulanıklığın da en aza indirgenebilmesidir. Daha az titreşime sahip imgenin daha iyi uçuş gerçekleştiren İHA ile alınabileceği, daha iyi uçuş gerçekleştiren İHA'nın daha iyi PID parametrelerine sahip olacağı mantığı ile hareket edilmiştir.

3.2. Tilki Avı Algoritması (TAA)

Optimizasyon uygulamaları, bir problem karşısında olası çözümler arasından en uygununu belirlemekle ilgilenir. Bu uygulamada en uygun çözüm, problem ve çözen kişiye bağlı olarak değişir. Optimizasyon yöntemlerinde kısıtlamalar kullanıcı veya problemin kendisine bağlı kriterlere göre değişir. Son elli yıldır birleşimsel ve sayısal optimizasyon problemlerini çözebilmek için birçok sezgisel algoritma geliştirilmiştir [27]. Ayrıca bugüne kadar hayvanların doğal davranışlarını taklit ederek kuralları ve rastgeleliği birleştiren, farklı evrimsel veya meta-sezgisel algoritmalar da geliştirilmiştir.

Son yıllarda özellikle genetik algoritma (GA) tabanlılar başta olmak üzere meta-sezgisel optimizasyon yöntemleri çok çeşitli optimizasyon problemlerini çözmek üzere araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. TAA ise, insanoğlu tarafından gerçekleştirilen tilki avı faaliyetini benzetim yapan yeni bir meta-sezgisel optimizasyon yöntemidir [28].

Tilki avı 16'ncı yüzyılda İngiltere'de ortaya çıkmıştır [29, 30]. Bugüne kadar av faaliyetini gerçekleştirmek üzere at, av köpeği, tazı, terriyer ve yırtıcı kuşlar gibi farklı türde hayvanlar kullanılmıştır. Bu faaliyet kapsamında kullanılan hayvanlardan at; daha hızlı hareket edebilmek için kullanılmakla birlikte, av köpeklerine takip edilecek bir rehber ve bazen av köpekleri için bir taşıma aracı olarak kullanılmaktadır. Av köpekleri; iz sürmek için kullanılmakta ve terriyerler ise delik ve kovanlarda derinlemesine arama yapmak için kullanılmaktadırlar [31].

Tilki avı faaliyetinde iz sürmek ve yakalamak için yukarıda belirtilen canlı hayvanlar kullanılmıştır. TAA oluşturulurken ise iz sürmek ve yakalamak için tilki avı faaliyetinde rol alan bu hayvanların yapayları kullanılmıştır. Oluşturulan bu parametreler, yapay terriyer (AT-Artificial Terrier) ile ondan daha hızlı hareket eden yapay av köpeği (AF-Artificial Foxhound) ve ondan daha hızlı hareket eden ve daha büyük adım atan yapay atlardır (AH-Artificial Horse) [28]. TAA akış diyagramı aşağıda belirtilmiştir:

Akış Diyagramı

1. Yapay atlar (AH) gerçek dünyada olduğu gibi iki gruba böl (AH1-AH2),
2. AH1'i M-boyutlu çözüm uzayına rastgele serp ve sınırlar içerisinde kalacak şekilde rastgele değerler ver,
3. AH1'in uygunluk değeri hesapla,
4. Komşuluk araştırması için AH1'in daha iyi üyelerini (m) ve onların pozisyonlarını seç (mp_i),
5. Denklem x ile m üyelerinden umut verici ağırlıklı olanları (pwm_i) hesapla,
6. En son ilerlemenin elde edildiği iterasyon sayısını (LIN) 0'a ayarla, İterasyon sayısı 0'a ayarla,
7. Kriter durdurulurken tatmin edici değilse // Yeni popülasyonu şekillendir,
8. AH2'yi M-boyutlu çözüm uzayına rastgele serp ve sınırlar içerisinde kalacak şekilde rastgele değerler ver,
9. AH2'nin uygunluk değeri hesapla,
10. AF'yi pwm_i 'ye göre her bir mp_i 'nin civarına gönder,
11. AF'nin uygunluk değeri hesapla,
12. Tüm AF ve AH2'ler arasında m 'in en iyi çözümlerini bul,
13. Bu iterasyonda AF veya AH2 tarafından herhangi bir ilerleme sağlanırsa LIN=IN,

14. Eğer $LIN < IN-7$ ise bir alt-araştırma uygula,
- AT'yi $mp1$ civarına gönder,
 - AT'nin uygunluk değerini hesapla,
 - En iyi AT değeri $mp1$ 'den iyi ise $mp1$ olarak tut,
 - %5 AF öldür (AF'nin değerini $0.95AF$ 'ye azalt),
 - pwm_i 'yi yeniden hesapla,

$i=1, 2, \dots, m$ olmak üzere;

$$pwm_i = \left(\frac{AF}{m} + \frac{AF}{10m} \left(\text{round} \left(\frac{m-2i}{2} \right) \right) \right) \quad (3.1)$$

Tablo 3.1'de ise TAA'da tipik olarak kullanılan değerler belirtilmiştir [28]. Çalışmamızda PID parametrelerini optimize etmek için bu değerler kullanılmıştır. Bu parametreler problem ve algoritma üzerindeki deneyimler ile değiştirilebilir.

Tablo 3.1. 0-20 Arasındaki Bir Uzay Araştırması İçin Tipik Parametre Değerleri

Parametreler	m	AH	AF	AT	AH Adım Büüklüğü	AF Adım Büüklüğü	AT Adım Büüklüğü
Tipik Değerler	10	300	100	100	20	2	0,2

3.3. Tilki Avı Algoritması (TAA) Kullanılarak PID Maliyet Fonksiyonu Optimizasyonu

İHA'lar geliştirilmeye açık, uygun maliyetleri ve arzu edilen parçalarına ulaşılabilirlik imkanlarıyla da avantajlı konumda bulunmaktadır. Bu sebeple bu zamana kadar çeşitli tip hava araçlarında PID, bulanık mantık, geri adımlamalı kontrol gibi kontrol sistemleri kullanılarak İHA performansları iyileştirilmiştir. [32-35] Ayrıca ek olarak bu çalışmada da kullanılan PID kontrol çeşidindeki parametrelerin de optimize edildiği çalışmalar olmuştur [36-38].

Yeni bir meta-sezgisel algoritma türü olan TAA'da (3.2) ile belirtilen maliyet fonksiyonu kullanılarak PID parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır. Kullanılan

maliyet fonksiyonu İHA'da kullanılan kamera pozisyonu ile kontrol sistemi parametrelerini iyileştirmek için oluşturulmuş bir fonksiyondur [44]. Bu tez çalışmasında kamera pozisyonu değişimi için optimizasyon işlemi düşünülmemiş, sadece PID parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır.

$$J = \min_{P,I,D,LocationofCamera} f(T_{rt} + T_{st} + OS) \quad (3.2)$$

Bu maliyet fonksiyonunda T_{rt} , T_{st} ve OS sırasıyla; referans yörünge takibi esnasında yükselme zamanı, yerleşme zamanı ve hedefi aşma değişkenlerini ifade etmektedir.

ARI 30 İHA'sına tasarlanan PID kontrol sisteminde ilk aşamada belirlenen P, I, D parametrelerinin değerleri TAA kullanılarak optimize edilmiştir. Yapılan optimizasyon öncesinde ve sonrasında belirlenen P, I, D parametrelerinin değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Söz konusu değerler elle girilmiştir.

Tablo 3.2. PID Parametre Değerleri

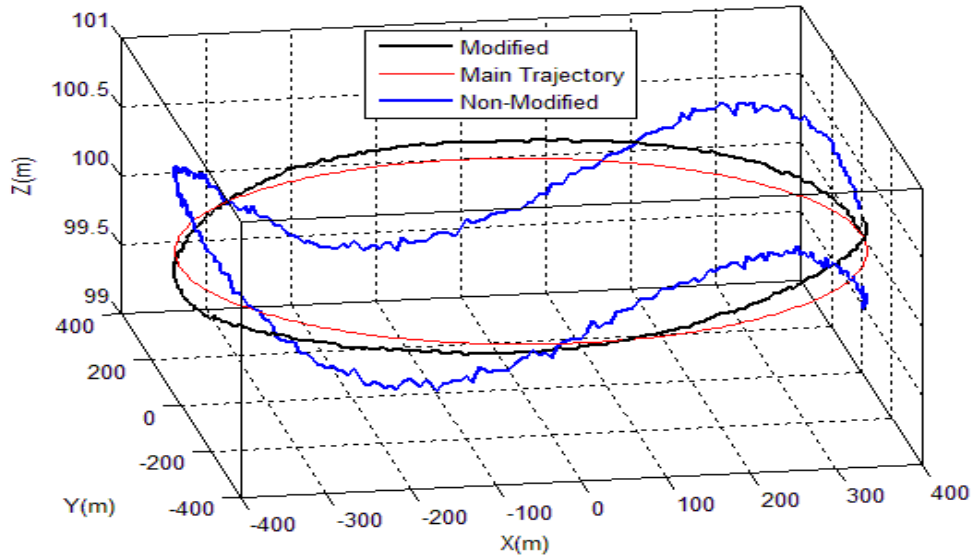
Parametreler	Kazanç Katsayısı (Oransal)	Kazanç Katsayısı (İntegral)	Kazanç Katsayısı (Türevsel)
Phi (φ)	27,3204	53,4581	7,9635
Tetha (θ)	18,3036	29,6508	41,7436
Psi (ψ)	42,5289	17,4835	49,8762
Z	48,3838	32,1661	58,6362

4. BÖLÜM

KULLANILAN YÖNTEM VE UYGULAMA

4.1. ARI30 Dört Rotorlu İHA İçin Optimize Edilmiş Parametrelerin Uçuşa Etkisinin Araştırılması

ARI30 quadcopteri için öncelikle birinci bölümde anlatılan dinamik inceleme yapılmış ve matematiksel model belirlenmiştir. Bu kapsamda İHA'nın teknik özellikleri göz önünde bulundurularak PID kontrolcü tasarlanmıştır. PID kontrolcünün parametreleri TAA ile optimize edilmiş ve kontrol sistemi olası sonuçlar içerisinde en iyi parametrelere sahip olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucu performansı iyileştirilmeyen ve iyileştirilen İHA'nın 15 km/s şiddetinde atmosferik türbülansla otonom yörünge takibi benzetimi yapılmıştır. Benzetim sonuçları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Performansı İyileştirilmiş ve İyileştirilmemiş Uçuşun Atmosferik Türbülans İle Yörünge Takibi Benzetimi

Yapılan benzetimde quadrotorun izlemesi arzu edilen yörünge kırmızı hat ile, performansı iyileştirilmiş halde izlediği yörünge siyah hat ile ve performansı iyileştirilmemiş halde izlediği yörünge mavi hat ile gösterilmiştir. Quadrotorun izlemesi arzu edilen yörüngeyi belirten kırmızı hat x-y düzleminde, 100 metre irtifada, 400 metre yarıçaplı bir daireyi oluşturmaktadır. Arzu edilen yörünge takip edilirken z-ekseninde irtifa kaybı ve x-y düzleminde sapma olmaması istenmektedir.

Performansı iyileştirilmiş uçuş benzetiminde quadrotorun izlediği yörünge, izlenmesi arzu edilen yörünge şekline çok farklılaşmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte x, y ve z-eksenindeki hareketlerinde kararsızlık ve titreşimler olduğu görülmektedir. Z-ekseninde bölgesel olarak maksimum 0,2 metre yörünge dışına çıktığı tespit edilmiştir. Bu yörünge sapmaları, izlenmesi arzu edilen 800 metre çaplı ve 5026,55 metrelik yörünge üzerinde iki noktada gerçekleşmiş ve sapma düzeltildiğinde stabil hale geçmeden negatif yönde sapmaların olduğu gözlemlenmiştir.

Performansı iyileştirilmemiş uçuş benzetiminde ise quadrotorun izlediği yörünge, izlenmesi arzu edilen yörünge şekline farklılaştığı ve üç ekseninde sapmaların daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Gerçekleşen yörünge benzetiminde z-ekseninde daha fazla kararsızlık ve titreşim olmakla birlikte üç ekseninde de kararsızlık ve titreşimin arttığı görülmektedir. En çok kararsızlık ve sapma z-ekseninde olmakla birlikte sırasıyla x ve y-eksenlerinde de gerçekleşmiştir. İzlenen yörünge; performansı iyileştirilmemiş uçuş için özellikle z-eksenindeki iz düşüm göz önünde bulundurulduğunda, performansı iyileştirilmiş uçuşa göre daire şekline elips şekline ve hatta dörtgen şekline doğru bir geçiş göstermiştir. Bununla birlikte z-eksenindeki hareketlerinde performansı iyileştirilmiş uçuşa benzer şekilde kararsızlıklar ve titreşimler olduğu tespit edilmiş ve bu titreşim ve kararsızlıkların performansı iyileştirilmiş uçuşa kıyasla daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Z-ekseninde bölgesel olarak maksimum 0,4 metre yörünge dışına çıktığı tespit edilmiştir. Bu yörünge sapmaları, izlenmesi arzu edilen 800 metre çaplı ve 5026,55 metrelik yörünge üzerinde altı noktada gerçekleşmiş ve sapma düzeltildiğinde stabil hale geçmeden negatif yönde sapmaların olduğu gözlemlenmiştir.

Yukarıda belirtilen sonuçlar ışığı altında performansı iyileştirilmemiş ve iyileştirilmiş uçuş benzetimleri arasında yörünge takibi açısından tespit edilen farklılıklar değerlendirilerek aşağıda belirtilmiştir:

- 1- Performansı iyileştirilmiş uçuş benzetimi özellikle imge elde edilirken hareket bulanıklığına sebep olacak titreşimler yönüyle daha stabil gerçekleşmiştir,
- 2- Quadrotor türbülanslı hava şartlarında özellikle z-eksenindeki hareketlerinde daha fazla kararsızlık göstermektedir,
- 3- Performansı iyileştirilmiş uçuş için z-ekseninde maksimum yörünge sapma miktarında, performansı iyileştirilmemiş uçuşa göre %50 iyileşme gözlenmiştir,
- 4- Performansı iyileştirilmiş uçuş için z-ekseninde yörünge sapma sayısında, performansı iyileştirilmemiş uçuşa göre %67 iyileşme gözlenmiştir.

4.2. Uçuş Testleri ile Elde Edilen İmgeler ve Kör Bulanıklaştırma Haritaları

Yapılan benzetim sonrasında ARI30 İHA ile Tablo 4.1’de belirtilen şartlar altında iki adet uçuş gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.1. Gerçekleştirilen Uçuş Şartları

	Havada Kalış Süresi (dakika)	İrtifa (metre)	Sıcaklık (°C derece)	Rüzgar	Quadrotorun Yer Hızı (km/h)	Seyrusefer Uzunluğu (km)
Uçuş	10	7	27	~8 km/h	30	9km
Uçuş + PID Kontrol	9	8	25	~10 km/h	30	8km

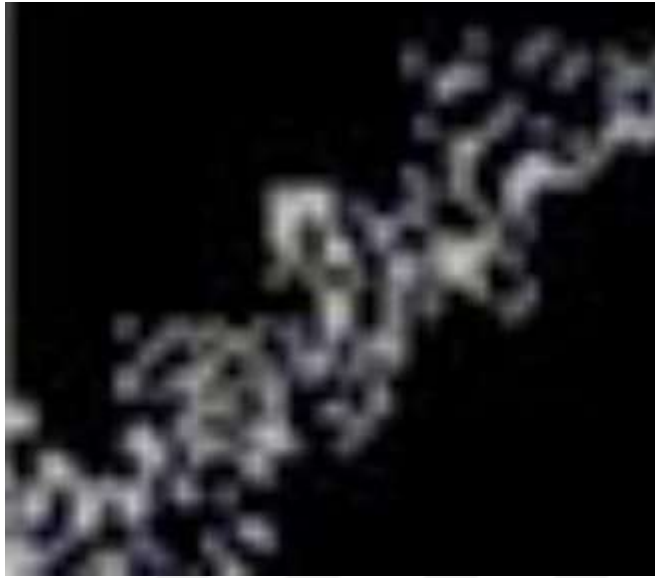
Bu uçuşlardan ilki tasarlanan kontrol sistemi olmadan, diğeri ise kontrol sistemi kullanılarak yapılmıştır. Bu uçuşlardan kontrol sistemi olmaksızın gerçekleştirilen uçuştan elde edilen imge Şekil 4.2’de, elde edilen imgenin kör bulanıklık haritası tahmin edilerek netleştirilmiş hali Şekil 4.3’te, tahmin edilen bulanıklaştırma haritası ise Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmge



Şekil 4.3. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritası İle Netleştirilmiş Hali



Şekil 4.4. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Tahmin Edilen Kör Bulanıklaştırma Haritası

Kontrol sistemi ile gerçekleştirilen uçuştan elde edilen imge ise Şekil 4.5'te, elde edilen imgenin kör bulanıklık haritası tahmin edilerek netleştirilmiş hali Şekil 4.6'da, tahmin edilen bulanıklaştırma haritası ise Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmge



Şekil 4.6. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritası İle Netleştirilmiş Hali

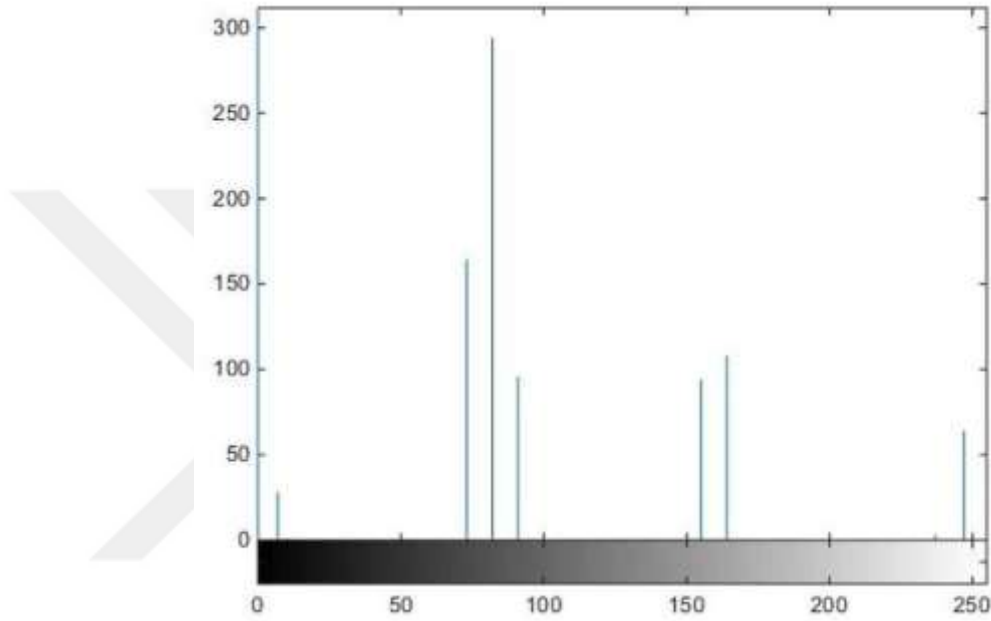


Şekil 4.7. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Tahmin Edilen Kör Bulanıklaştırma Haritası

4.3. Elde Edilen İmgeler ve Kör Bulanıklaştırma Haritalarının İncelenmesi

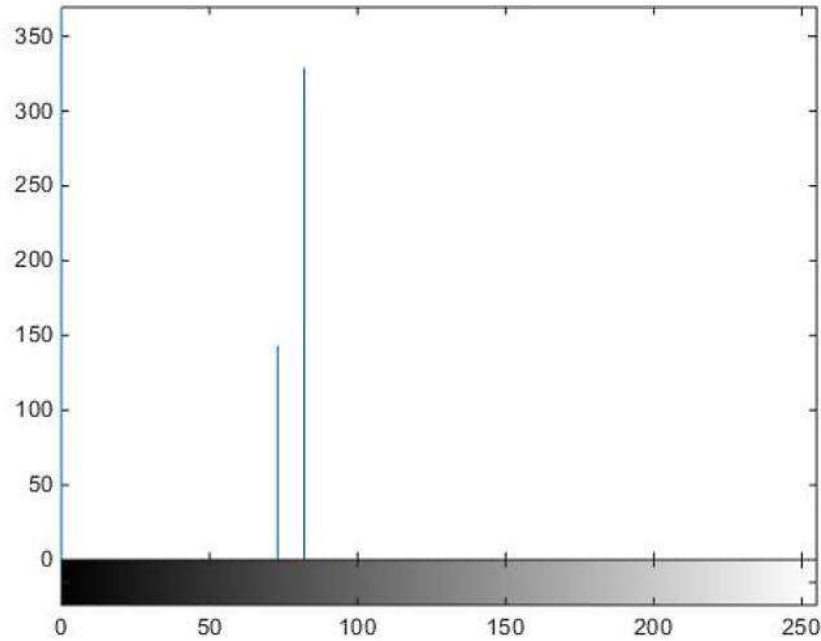
İki uçuştan elde edilen imgelerin ve imgelerden tahmin edilen bulanıklaştırma haritalarının histogramları karşılaştırılmıştır. Çalışmamızı analiz edebilmek için histogramlar üzerinden imgeler incelenmiştir.

İmge histogramı, gri ton imge üzerinde piksel bilgilerini gösteren bir grafikdir. Bu grafikte yatay eksen (x-ekseni) 0-255 arasındaki gri ton değerlerini gösterir. Dikey eksen (y-ekseni) ise belirtilen gri ton değerlerine sahip piksel sayısını gösterir. Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da sırasıyla performansı iyileştirilmemiş uçuş ve performansı iyileştirilmiş uçuştan elde edilen imgelerin histogramları gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Histogramı

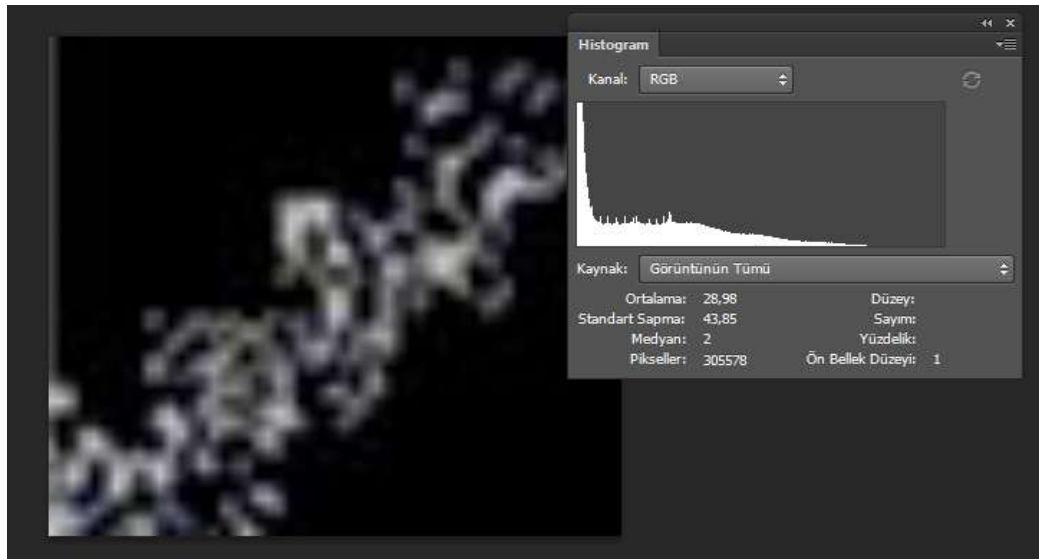
Performansı iyileştirilmemiş uçuştan elde edilen imgeye bakıldığında gölge ve koyu renk tonuna sahip arabanın olduğu görülmektedir. Yani koyu pikseller mevcuttur. Bu durum histogramın solunda ufak bir toplanma olarak görülmektedir. Aydınlık yani açık renk-beyaz renk tonuna yakın alan sebebiyle 70-90 renk tonları arasında zirve olduğunu görmekteyiz. Bu bölge imgedeki açık renk tonlu pikseller ile beraber beyaz renk tonunu da göstermektedir. Asıl önemli husus ise, histogramda 155-170 ve 245 renk tonlarında oluşan değerlerdir. Çünkü bu toplanmalar beyaz ve en açık renkli tonları temsil ederler. Beyaz tonların artması demek daha fazla titreşim, az olması demek daha az titreşim demektir.



Şekil 4.9. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Histogramı

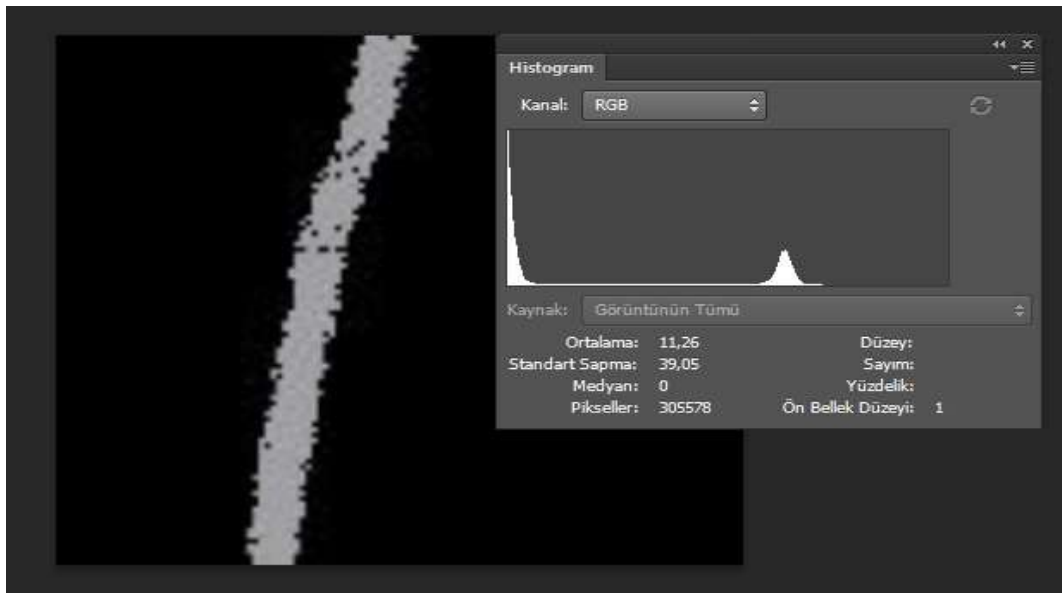
Performansı iyileştirilmiş uçuştan elde edilen imgeye ait histogram incelendiğinde; genel itibari ile açık tonlara sahip olan imgenin bu tonlarının değerlerini 70-80 renk tonları aralığında toplanmış olarak görmekteyiz. Bunun dışında titreşimi ifade edebilecek ve beyaz ton aralığında herhangi bir toplanma görülmemektedir. Bununla birlikte beyaz ton değerlerini ifade eden çubukların seviyelerinin düşük olması da beyaz ve açık tonlu piksellerin az olduğunu; dolayısıyla titreşimin daha az olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızın sayısal analizi bulanıklaştırma haritalarının histogramları üzerinden yapılmıştır. Kör bulanıklaştırma haritalarının histogramları daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi bize titreşimin yönü ve şiddetini birleşik halde verebilecek titreşim haritalarıdır. Bu haritalarda görülen alanların ölçülerek birbirine oranlanması ise yaptığımız çalışmanın sonucunu ortaya koyacaktır. Bu haritaların ölçümü ve analizini yapabilmek için histogramları incelenmiştir. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de iki uçuş testinden elde edilen imgelerden elde edilen bulanıklaştırma haritalarının histogramları görülmektedir. Şekil 4.10’da performansı iyileştirilmemiş uçuşa ait kör bulanıklaştırma haritası gri değerlerinin ortalaması 28,98 ve bunların standart sapmasının ise 43,85 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Performansı İyileştirilmemiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı

Şekil 4.11’de performansı iyileştirilmiş uçuşa ait kör bulanıklaştırma haritasında ise gri değerlerin ortalamasının 11,26 ve bunların standart sapmasının 39,05 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Performansı İyileştirilmiş Uçuştan Elde Edilen İmgenin Kör Bulanıklaştırma Haritasının Histogramı

Yukarıda belirtilen, performansı iyileştirilmiş uçuş ve iyileştirilmemiş uçuştan elde edilen kör bulanıklaştırma haritalarının sayısal verileri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. K r Bulanıklaştırma Haritaları Verileri

Parametreler	Performansı İyileştirilmemiş Uçuş	Performansı İyileştirilmiş Uçuş
Piksel Değeri	305578	305578
Standart Sapma	43,85	39,05
Gri Ortalama Renk Değeri	28,98	11,26

Tablo 4.2'yi incelediğimizde iki histogramın gri ortalama değerleri sırasıyla 28,98 ve 11,26 olduğu görülmektedir. Bu değerler bize gri ton dağılımında azalma olduğunu göstermektedir. Yani yukarıda belirtildiği gibi titreşimin yönü ve şiddetinin azaldığını göstermektedir. Değerler arasındaki fark ise 17,72'dir. Bu değerler yüzde cinsinden hesaplandığında aradaki 17,72'lik değer farkı %61,15'e tekabül etmektedir. Bu değer performansı iyileştirilmemiş ve iyileştirilmiş olarak icra edilen iki uçuştan elde edilen imgelerin arasındaki netlik farkını göstermektedir.

5. BÖLÜM

SONUÇ

Bu tez çalışmasında ARI 30 İHA için tasarlanan kontrol sisteminin parametreleri yeni bir optimizasyon algoritması olan TAA ile optimize edilmiş ve uygunluğu öncelikle yapılan benzetim üzerinden incelenmiştir. Benzetimde Quadrotorun otonom uçuşunun x, y, z eksenlerinde daha stabil hale geldiği görülmüştür. Bu durum TAA ile belirlenen parametrelerin uygun değerler olduğunu göstermiştir. Yapılan benzetim sonuçları gerçek uçuş testlerine geçilebilmesi için bir referans olmuştur. Gerçek uçuş testleri ile elde edilen imgeler, parametreleri AA ile optimize edilen bir maliyet fonksiyonu kullanılarak netleştirilmiştir. Bu netleştirme işlemi yapılmadan önce; imge işleme tekniklerinde en çok kullanılan imge olan Lena imgesi üzerinde bir uygulaması incelenmiş, yapay harita ile bulanıklaştırılan Lena imgesinden elde kör bulanıklaştırma haritasının yapay harita ile gri ton ortalama değeri olarak %9,3 farklı olduğu görülmüştür. Bu durum bize kör bulanıklaştırma haritası tahmininin gerçek bulanıklaştırma haritası ile arasındaki farkı göstermiştir. Gerçek uçuş testleri ile elde edilen imgelerin kör bulanıklaştırma haritaları tahmin edilerek incelendiğinde ise, aradaki ortalama gri ton değeri farkının %61,15 olduğu görülmüştür. Bu fark iki imge arasında bulanıklık değeri farkını ifade etmektedir. ARI 30 İHA'nın performansı iyileştirilmiş uçuşundan elde edilen imgenin, performansı iyileştirilmemiş uçuşundan elde edilen imgeden %61,15 daha net olması demek; performansı iyileştirilmiş uçuşun daha stabil olduğu anlamına gelmektedir. Yapılan bu tez çalışmasının literatüre hem TAA optimizasyon yönteminin kullanımının artması, hem de uçuş kararlılığı ve stabilizasyonunun imge işleme teknikleri ile bütünleştirilmesi yönüyle yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Erginer, B., 2007. Quadrotor Vtol Hava Aracının Modellenmesi ve Kontrolü. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 69 s.
2. Akyüz, S., 2013. Dört Rotorlu İnsansız Hava Aracı (Quadrotor)'nın PD ve Bulanık Kontrolcü Tasarımı ve Benzetim Uygulaması. Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 76 s.
3. Hirschberg, M., 2000. The American Helicopter An Overview of Helicopter Developments in America 1908-1999. <http://www.iasa.com.au/folders/-Publications/pdflibrary/ospreypdfs/The%20American%20Helicopter.pdf> (Erişim Tarihi Aralık 2018)
4. Wang, Q., 2017. The current research status and prospect of multi-rotor uav. **IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)**, Vol.14 (4): 31-35.
5. Leishman, J., 2000. A History of Helicopter Flight. https://itlims-zsis.meil.pw.edu.pl/pomoce/WTLK/ENG/Sup/A_History_of_Helicopter_Flight.pdf (Erişim Tarihi Nisan 2019).
6. Bouabdallah, S., 2007. Design and Control of Quadrotors With Application to Autonomous Flying. Laussane Federal Politeknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Zürih, 129 s.
7. Sabatino, F., 2015. Quadrotor Control: Modeling, Nonlinear Control Design, and Simulation. KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Stokholm, 61 s.
8. Pounds, P., 2007. Design, Construction and Control of a Large Quadrotor Micro Air Vehicle. Avusturalya Milli Üniversitesi, Doktora Tezi, Canberra, 171 s.
9. Shan, Q., Jia, J., Agarwala, A., 2008. High-quality motion deblurring from a single image. **Acm Transactions on Graphics (tog)**, 27(3): 73.
10. Huang, H. Y., & Tsai, W. C. 2014. Blurred image restoration using fast blur-kernel estimation, pp. 435-438. Tenth International Conference on Intelligent

Information Hiding and Multimedia Signal Processing, August 27-29, 2014, Kitakyushu.

11. Onay, M., Çıklaıblıkçi, İ.K., Özçelik, Z., Çanga, Ö., Sönmez, F.O., 2018. Increasing autonomous performance of unmanned aerial vehicle and decreasing motion blur effect on aerial images, pp. 944-949. 3rd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2017), May 3-7, 2017, Budapeşte, Macaristan.
12. Onay, M., 2016. Blur kernel estimation by using bees algorithm. **International Journal of System Modeling and Simulation**, 1(2).
13. Campisi, P., Egiazarian, K., 2016. Blind Image Deconvolution: Theory and Applications. CRC press, 41 s.
14. Fergus, R., Singh, B., Hertzmann, A., Roweis, S. T., Freeman, W. T., 2006. Removing camera shake from a single photograph. **In ACM Transactions on Graphics (TOG)**, 25 (3): 787-794.
15. El-Henawy, I. M., Amin, A. E., Ahmed, K., Adel, H., 2014. A comparative study on image deblurring techniques. **International Journal of Advances in Computer Science and Technology (IJACST)**, 3 (12): 01-08.
16. Kundur, D., Hatzinakos, D., 1996. Blind image deconvolution. **IEEE Signal Processing Magazine**, 13 (3): 43-64.
17. Goldstein, A., Fattal, R., 2012. Blur-kernel estimation from spectral irregularities. pp. 622-635. European Conference on Computer Vision. 2012. Springer, Berlin, Heidelberg.
18. Crete, F., Dolmiere, T., Ladret, P., Nicolas, M., 2007. The blur effect: perception and estimation with a new no-reference perceptual blur metric. **In Human Vision and Electronic Imaging XII**, 6492, p. 64920I. International Society for Optics and Photonics.
19. Sunil, J. Panchal, Borole, P. B., 2014. Dynamic modelling, design and PID control for an autonomus quadrotor. **IJIRT**, 1(9) ISSN: 2349-6002.

20. Atheer L. Salih, M. Moghavvemi, Haider A. F., Khalaf Sallom Gaeid M., 2010. Flight PID controller design for a UAV quadrotor. **Scientific Research and Essays**, **5**(23): 3660-3667.
21. Zulu, A., John, S., 2014. A review of control algorithms for autonomus quadrotors. **Open Journal of Applied Sciences**, **4**: 547-556.
22. Sharma, A., Barve, A., 2012. Controlling of quad-rotor UAV using PID controller and fuzzy logic controller. **International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering**, **1**(2): 38-41.
23. Erginer B., Altuğ E., 2007. Modeling and PD control of a quadrotor VTOL vehicle. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium June 13-15, 2007, İstanbul, Turkey.*
24. Domingues, J. M. B., 2009, Quadrotor Prototype, Portugal, Instituto Superior Tecnico, 101p.
25. Paz, R. A., 2001. The design of the PID controller. Klipsch school of Electrical and Computer Engineering.
26. Uysal, O., 2010. Ekzotermik (Isı Yayan) Kimyasal Reaktörü Simüle Eden Bir Isıl Sistemin Dinamik Davranışının İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 103.
27. Sakulin, A., Puangdownreong, D., 2012. A novel meta-heuristic optimization algorithm: current search. **RN**, **2**(1).
28. Onay, M., 2016. A new and fast optimization algorithm: fox hunting algorithm (FHA). *2016 International Conference on Applied Mathematics, Simulation and Modelling. Atlantis Press.*
29. Griffin, E., 2007. Blood Sport. Yale University Press.
30. "Fox hunting worldwide", http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/428122.stm, **BBC News. 1999-09-16, Retrieved 27.01.2016.**
31. Lord B., V. Edwards, J. Marsh, Lord M. Winter, 2009. "The Final Report of the Committee of Inquiry into Hunting with Dogs in England and Wales", Her Majesty's Stationery Office.

32. Ortak, E., 2010. 4 Rotorlu Bir İnsansız Hava Aracı (Quadrotor) İçin Bulanık Kontrolcü Tasarımı ve Simülasyonu. Yıldız Teknik Üniversitesi, Lisans Bitirme Tezi, İstanbul, s. 92.
33. Mohammed, M. J., Rashid, M. T., Ali, A. A., 2014. Design optimal PID controller for quad rotor system. **International Journal of Computer Applications (0975-8887) 106(3)**.
34. CAN, K., BAŞÇI, A., 2016. Dört rotorlu bir İHA'nın geri adımlamalı kontrolcü ile gerçek zamanlı yörünge kontrolü. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 6(3): 77-85.
35. Suiçmez, E. C., Kutay, A. T., 2014. Dört rotorlu bir insansız hava aracının geri-adımlama yöntemi ile yol takibi kontrolü. **Journal of Aeronautics and Space Technologies (Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi)**, 2(7): 1-13.
36. Mirzal, A., Yoshii, S., Furukawa, M., 2012. PID parameters optimization by using genetic algorithm. arXiv preprint arXiv:1204.0885.
37. Alhanjouri, M. A., 2017. Modern optimization techniques for PID parameters of electrohydraulic servo control system. **Modern Optimization Techniques for PID Parameters of Electrohydraulic Servo Control System**, 5(3).
38. Jaen-Cuellar, A. Y., de J. Romero-Troncoso, R., Morales-Velazquez, L., Osornio-Rios, R. A., 2013. PID-controller tuning optimization with genetic algorithms in servo systems. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, 10(9): 324.
39. Mackenzie, M. R., 2007. PID controller optimisation using genetic algorithms.
40. Köse, E., Abacı, K., Aksoy, S., 2010. Mekanik sistemlerin PID ve kayma kipli kontrol ile modellenmesi ve analizi.
41. WEB_1. 2016. International Plastic Modeler's Society – Colombia's web site. <http://www.ipmscolombia.com/index%20mayo%202015.htm> (18.06.2019).
42. Pham, D. T., Ghanbarzadeh, A., Koç, E., Otri, S., Rahim, S., Zaidi, M. 2006. The bees algorithm—a novel tool for complex optimisation problems, pp. 454-459. *Intelligent Production Machines and Systems, July 3-14, 2006, England*.

43. Guney, K., Onay, M., 2010. Bees algorithm for interference suppression of linear antenna arrays by controlling the phase-only and both the amplitude and phase. **Expert Systems With Applications**, **37**(4): 3129-3135.
44. Oktay, T., Celik, H., Turkmen, I., 2018. Maximizing autonomous performance of fixed-wing unmanned aerial vehicle to reduce motion blur in taken images. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering**, **232**(7): 857-868.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Fazıl Onur SÖNMEZ
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 24.08.1985-İzmir
Medeni Durum: Bekar
e-mail: fo5sz@outlook.com
Yazışma Adresi: Devlet Mah. İnönü Blv. Sb. Loj. Doğan Apt. No:11 Da:18
 Çankaya/ANKARA

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	MSÜ Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Mühendisliği	2007
Lise	İzmir Atatürk Anadolu Lisesi, İzmir	2003

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2007-Halen	Hava Kuvvetleri Komutanlığı	Subay

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Onay M., Sonmez F.O., Özçelik Z., Batgi S., Çanga Ö., Cebeci N., “Use of Unmanned Aircraft for Regional Security Purposes”, MAS International Conference on Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V, Kiev, Ukraine, July 12-14, 2019.
2. B.3. Onay M., Sonmez F.O., Özçelik Z., Batgi S., Çanga Ö., Cebeci N., “Mathematical Modelling and Control System Examining on Different Type of

Unmanned Aerial Vehicles”, MAS International Conference on Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V, Kiev, Ukraine, July 12-14, 2019.

3. Onay M., Sonmez F.O., Özçelik Z., Batgi S., Çanga Ö., Cebeci N., “Mobile Ground Control Station Design for Android Tablets and Phones”, MAS International Conference on Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V, Kiev, Ukraine, July 12-14, 2019.
4. Onay M., Ozkoca M., Cıklaiblikci I.K., Özçelik Z., Canga O., Sonmez F.O., “Use of a Vertical Take-Off and Landing (VTOL) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in the Control of Highways”, 4rd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2018), Kiev, Ukraine, May 2-6, 908-924, 2018.
5. Onay M., Çıklaiblikçi İ.K., Özçelik Z., Çanga Ö., Sönmez F.O., “Increasing Autonomous Performance of Unmanned Aerial Vehicle and Decreasing Motion Blur Effect on Aerial Images”, 3rd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2017), Budapest, Hungary, May 3-7, 944-949, 2017.