

**FOTOVOLTAİK DİZİLER İÇİN
GÖRÜNTÜ MOZAİKLEME TEKNİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Taha MÜEZZİNOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE

MART-2014

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOVOLTAİK DİZİLER İÇİN GÖRÜNTÜ MOZAİKLEME TEKNİKLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Taha MÜEZZİNOĞLU

101129108

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25.02.2014

Tezin Savunulduğu Tarih: 13.03.2014

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri: Doç.Dr. Abdulkadir ŞENGÜR (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇINAR (F.Ü)

MART-2014

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda değerli vaktini bana harcayarak ve gerekli ortamı sağlayarak çalışmamın bitirilmesinde her türlü desteği veren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE'ye çok teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam boyunca bana destek olan, maddi ve manevi sıkıntılara katlanan sevgili eşime çok teşekkür ederim.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasına 112E214 numaralı proje ile destek veren Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Taha MÜEZZİNOĞLU
ELAZIĞ - 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
SEMBOLLER LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Temel Kavramlar	9
1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı	10
1.3. Tezin Yapısı.....	11
2. GÖRÜNTÜ MOZAIKLEME	12
2.1. Özellik Noktalarının Tespiti	14
2.1.1. SIFT Algoritması	15
2.1.1.1 Uç Değer Noktalarının Tespiti	17
2.1.1.2 Anahtar Noktaların Belirlenmesi.....	17
2.1.1.3 Yönelim Tespiti	18
2.1.1.4 Anahtar Nokta Tanımlayıcılarının Bulunması	18
2.1.2 Harris Algoritması	18
2.2. Görüntü Eşleştirme	21
2.2.1. K- Means Algoritması	21
2.2.2. K- NN Algoritması	22
2.3. Aykırı Noktaların Kaldırılması.....	23
2.4. Görüntü Birleştirme.....	26
2.5. Uygulama Sonuçları	27
2.6. Bölüm Değerlendirmesi.....	37
3. ADAPTİF GÖRÜNTÜ MOZAIKLEME ALGORİTMASI.....	38
3.1. Önerilen Yöntem	39

3.2. Deneysel Sonuçlar	44
3.3. Bölüm Değerlendirmesi.....	51
4. FOTOVOLTAİK PANELLER İÇİN GÖRÜNTÜ MOZAIKLEME	
UYGULAMASI	53
4.1. Giriş	53
4.2. Sistem Yapısı	56
4.3. Uygulama Sonuçları	58
4.4. Bölüm Değerlendirmesi.....	61
5. SONUÇLAR.....	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	70

ÖZET

Görüntü mozaikleme birçok görüntünün veya bir videonun ardışık görüntü karelerinin birleştirilmesi ile panoramik bir görüntünün elde edilmesini sağlayan bir görüntü işleme algoritmasıdır. Özellikle haritalamada, tıp alanında, insansız hava aracı ve çeşitli bilgisayar görme uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında bir görüntü mozaikleme uygulamasının gerçekleştirilmesi, yeni bir adaptif görüntü mozaikleme algoritmasının önerilmesi ve görüntü mozaikleme yaklaşımının izleme ve kontrol amaçlı fotovoltaiik diziler üzerinde uygulaması olarak üç temel çalışma yapılmıştır.

Tez süresince ilk olarak literatürde kullanılan görüntü mozaikleme algoritmaları incelenerek bir görüntü mozaikleme uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamada giriş olarak alınan görüntüler üzerinde sırası ile özellik çıkarımı, görüntü eşleştirme, aykırı noktaların tespiti ve çıkarılması, homografi tahmini ve görüntü birleştirme adımları uygulanarak iki, üç, beş parçalı resimler ile videolardan panoramik bir görüntü elde edilmektedir. İkinci olarak tezde optimizasyon tabanlı adaptif yeni bir görüntü mozaikleme algoritması önerilmektedir. Önerilen algoritma görüntü mozaiklemenin performansını etkileyen özellik sayısı, benzerlik oranı ve küme merkezi sayısının optimize edilerek sürekli ayarlanmasına dayanır. Genetik algoritma kullanılarak optimize edilen bu üç parametre eş zamanlı olarak görüntü mozaiklemenin doğruluğunu ve hesapsal karmaşıklığını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Önerilen bu yeni yaklaşımın etkinliği ortaya konulmuştur. Son olarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme algoritmalarının, benzerliği yüksek olduğundan birleştirilmesi daha zor olan fotovoltaiik dizi görüntüleri üzerinde uygulamaları yapılmıştır. Özellikle büyük boyutlu fotovoltaiik dizilerde veya güneş enerjisi santrallerinde birçok kameradan alınan görüntülerin birleştirilmesinde kullanılacak bu yaklaşım ileride bu tür sistemlerin izlenmesi ve kontrol edilmesi açısından önemli avantajlar getirecektir. Deneysel sonuçlarla doğrulanan algoritmaların performansı karşılaştırmalı sonuçlarla analiz edilmektedir. Sonuçlar gerçekleştirilen algoritmaların etkinliğini ve doğruluğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu tez kapsamında bir görüntü mozaikleme uygulamasının gerçekleştirilmesi, yeni bir adaptif görüntü mozaikleme algoritmasının önerilmesi ve görüntü mozaikleme algoritmalarının fotovoltaiik dizilerde uygulaması olmak üzere üç çalışma yapılarak deneysel sonuçlarla doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü mozaikleme, Görüntü işleme, Optimizasyon, SIFT algoritması, Fotovoltaiik diziler

SUMMARY

Development of Image Mosaicing Techniques For Photovoltaic Arrays

Image mosaicing is an image processing algorithm that evaluates a panoramic image by combining many image or consecutive image frames of a video. Especially it widely uses in mapping, medicine, UAV and various implementation of computer vision. In this work, we are focused on three basic research: realizing an image mosaicing implementation, proposing a new adaptive image mosaicing algorithm and applying the image mosaicing approach on photovoltaic arrays for tracking and controlling.

In this thesis, first, the other image mosaicing algorithms in the literature have been analyzed and an image mosaicing implementation has been developed. The panoramic image is obtained by applying feature extraction, image matching, outlier point detection and removal, homography estimation and image fusion on the images taken as input, respectively. As a second step, a new image mosaicing algorithm has been proposed. This algorithm based on the number of attributes that affects performance of image mosaicing, the ratio of similarity and setting the set center continual by optimization. These three parameters have been optimized by using genetic algorithm, aiming to improve the computational complexity and accuracy of image mosaicing, simultaneously. The efficiency of this new approach has been presented. Experimental applications of the image mosaicing algorithm are made on various images and a photovoltaic array image rather difficult to combine according to other images because of it has high similarity. Especially in large sized photovoltaic arrays or in solar power plants, this approach that would be used to combine image from several cameras, will get some significant on following and controlling such systems. Performance of the algorithm is verified with the experimental results and it is analyzed with comparative results. The results show the effectiveness, computational complexity and accuracy of the algorithm.

Consequently, three basic implementations realizing an image mosaicing implementation, proposing a new adaptive image mosaicing algorithm and applying the image mosaicing approach on photovoltaic arrays, have been examined and verified with the experimental results.

Keywords: Image mosaicing, Image processing, optimization, SIFT algorithm, photovoltaic arrays.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Görüntü işleme aşamaları	1
Şekil 1.2. Ortak noktası bulunan resimler	5
Şekil 1.3. Ortak noktası bulunan resimlerle mozaik oluşturma.....	5
Şekil 1.4. Görüntü mozaikleme algoritması	7
Şekil 2.1. Görüntü mozaikleme algoritmasının adımları.....	13
Şekil 2.2. Sift algoritmasının adımları.....	16
Şekil 2.3. Uç Noktaların Bulunması	17
Şekil 2.4. Hatalı Uç Noktalar	17
Şekil 2.5. Anahtar Nokta Tanımlayıcıları.....	18
Şekil 2.6. RANSAC uygulanacak örnek veri kümesi.....	24
Şekil 2.7. RANSAC uygulanmış veri kümesi	25
Şekil 2.8. Farklı Perspektiflerden Aynı Görüntü	26
Şekil 2.9. Warping ve Blending işleminden sonra elde edilen görüntü	27
Şekil 2.10. Harris algoritması uygulanacak görüntüler	28
Şekil 2.11. Harris algoritması uygulanacak görüntüler-2.....	30
Şekil 2.12. Sift algoritması uygulanacak görüntüler-1	33
Şekil 2.13. Sift algoritması uygulanacak görüntüler-2	33
Şekil 3.1. Adaptif görüntü mozaikleme algoritması.....	39
Şekil 4.1. Fotovoltaik panel türleri	54
Şekil 4.2. Fotovoltaik dizi yapısı	55
Şekil 4.3. Sistemin şematik blok diyagramı	56

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Harris Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi-1..	28
Tablo 2.2 Harris Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi-2..	31
Tablo 2.3 Sift Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi-1	34
Tablo 2.4 Sift Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi-2	35
Tablo 2.5 Sift Algoritması ile Harris algoritmasının süre bakımından karşılaştırılması.....	37
Tablo 3.1 Görüntü mozaikleme uygulanacak görüntüler	45
Tablo 3.2 Uygulama Sonuçları.....	46
Tablo 3.3 İdeal Seçimler.....	48
Tablo 3.4 Video Framelerinin Mozaikleme Analizi.....	50
Tablo 4.1 Kameralardan alınan görüntüler.....	59
Tablo 4.2 Birleştirilmiş Fotovoltaik resimler	60

SEMBOLLER LİSTESİ

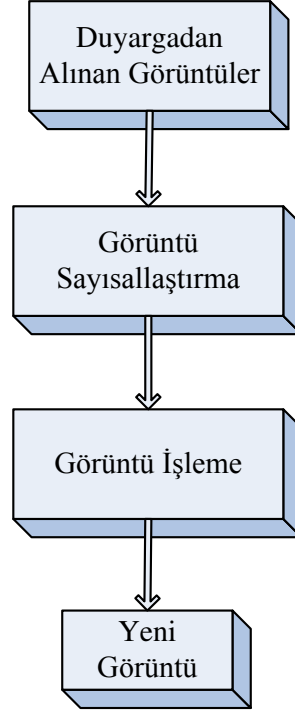
k	: Uç değ�er nokta sayısı
σ	: Sigma sabiti
A	: Anahtar nokta sayısı
B	: Benzerlik oranı
K	: Küme merkezi sayısı
S	: Standart
S+	: Standart �st�
S-	: Standart altı

KISALTMALAR LİSTESİ

RGB	: Red Green Blue
SUSAN	: Smallest Univalue Segment Assimilating Nucleus
USAN	: Univalue Segment Assimilating Nucleus
SIFT	: Scale İnvariant Feature Transform
DoG	: Difference of Gaussian
LM	: Levenberg Marquardt
RANSAC	: Random Sample Consensus
KNN	: K Nearest Neighbors
KKOÖ	: Köşe veya Kenar Olma Ölçüsü
GA	: Genetik Algoritmalar
PV	: Photovoltaic
AC	: Alternative Current
DC	: Direct Current

1. GİRİŞ

Görüntü işleme bir duyarga ile alınan görüntülerin sayısallaştırıldıktan sonra bu veriler üzerinde görüntü özelliklerinin ve parametrelerinin belirli algoritmalar kullanılarak değiştirilip yeni görüntüler elde edilmesi işlemi olarak tanımlanabilir [1-2].



Şekil 1.1. Görüntü işleme aşamaları

Görüntü işleme uygulanacak resim bir sensör veya kamera ile yakalandıktan sonra Şekil 1.1’de görüldüğü gibi dijital görüntü elde edilir. Dijital görüntü elde edildikten sonra bilgisayar ortamında görüntü üzerinde analiz işlemleri ve bunun sonucunda gerekli değişiklikler yapılır [3-5]. Görüntüler genellikle analog ortamdan dijital ortama geçirildiği için bozulmalara uğrar. Görüntü işleme bu hataları düzeltmek için de kullanılır. Son olarak da elde edilen yeni görüntü kullanıcıya sunulur.

Görüntü işlemede görüntüden dijital veri elde edildikten sonra, dijital veri üzerine uygulanan bazı işlemler şu şekilde sıralanabilir;

- Ölçeklendirme
- Döndürme, yansıtma
- Gürültü temizlemek
- Parlaklık ve koyuluk ayarlamak

- Görüntü keskinleştirmek ve bulanıklaştırmak
- Doğru renk ayarlamak

Gerçek yaşamda bir görüntü; basit iki değişkeni olan bir fonksiyon olarak tanımlanır. $f(x,y)$ gibi bir fonksiyon kullanılarak ifade edilen bir görüntüde f parlaklık gibi bir şiddet birimini, x ve y değişkenleri ise görüntünün gerçek koordinatlarını temsil eder. Dijital görüntü 1 ve 0'lardan oluşan sayısal değerler ile temsil edilir. 1 ve 0'lardan oluşan sayısal görüntü, görüntünün piksel değerine göre $M \times N$ boyutlu bir matris yapısında tutulur. Dijital görüntü M ve N sayılarında satır ve sütunlardan oluşur ve satır ve sütunların kesiştiği her bölgeye piksel denir. Giriş görüntüsü iki boyutlu, $M \times N$ uzunluklu bir matris olarak düşünülür ve sol üst köşedeki piksel değeri $(1,1)$ başlangıç noktası olarak numaralandırılır.

Görüntü işleme, teknolojinin gelişmesiyle son derece güncel konularda uygulama alanı bulmaktadır [6]. Görüntü işleme resim, ekran görüntüsü, fotoğraf, video, animasyon görüntüleri gibi görüntüler üzerinde de uygulanmakla beraber, kapsamındaki problemlerin çözümü ve uygulamaların gerçekleştirilebilmesi için birçok yöntem ve algoritma geliştirilmiştir. Görüntüler üzerinde çeşitli düzenlemelerin yapılması, videoların işlenebilmesi, görüntü içerikli verilerin iletilmesi ve kullanılması gibi birçok uygulama görüntü işleme kullanılmasını gerektirmektedir. Örneğin görüntü işleme kullanımının, gıda sektörünün ve etkili tarımının gelişmesinde önemli bir yeri vardır. Gıda sektöründe ve tarımda mevcut kullanılan sınıflandırma sistemleri ile ürünler ve meyveler üzerinde ürün kalitesini etkileyecek renk ve boyut sınıflandırılmaları yapılmaktadır. Bu sistemler ürünlerin, meyve ve sebzelerin çok seri bir şekilde istenilen kalite özelliklerine göre sınıflandırılmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda üreticinin ürün, meyve ve sebzelerini en yüksek değerde pazarlamasına neden olmaktadır.

Günümüzde görüntü işleme; yüz, retina, el ve parmak damarı tanıma sistemleri gibi birçok biyometrik tanıma sistemlerinde aktif olarak kullanılmaktadır. Biyometrik tanıma sistemlerine en güncel olarak hastanelerde uygulamaya geçirilen avuç içi tanıma sistemini de örnek verilebilir. Biyometrik tanıma için uygulanan aşamaları şu şekilde sıralanabilir; taranan görüntünün tanımlı hale getirilebilmesi için iyileştirilmesi, otomatik döndürme ve ortalama işlemleri adımlarıdır. Bu adımlardan sonra taranan görüntü içerisinde gereksiz bilgiler çıkartılarak görüntünün istenen özelliklerinin çıkartılması, sonuçta kalan özelliklerden bir imza elde edilerek veri tabanına kaydedilmesi ve gerek duyulduğunda veri tabanı ile elde edilen görüntünün karşılaştırılması işlemleri gerçekleştirilir.

Görüntü işlemenin yaygın olarak kullanıldığı alanlardan bazıları da otomatik yüz, araç vb. obje tanıma ve takip etmedir. Günümüzde birçok durumda kameraların gerekli objeleri otomatik olarak algılayıp tanımlaması istenir. Örneğin Türkiye de olmak üzere birçok ülkede trafik kurallarının ihlalini önlemek için, trafikte kurallara uymayan araçların tespiti için kameraların otomatik tarama sistemi kullanılmaktadır. Başka bir örnek olarak da İstanbul'da kullanılan bir sistem de verilebilir. Bu sistemde trafikteki araç sayısını sayıp, araçların akış hızlarını belirleyerek trafik yoğunluğunu otomatik olarak gerekli sistemleri kullanarak araç kullanıcılarına yansıtır.

Görüntü işleme konusu günümüzde;

- Tıp
 - Hastalık belirleme, Ultrason, MRI, Tomografi görüntüleri vb.
- Uzay çalışmaları
 - Gezegenler, uydu görüntüleri, meteorolojik olaylar vb.
- Güvenlik
 - Yüz tanıma, parmak izi tanıma vb.
- Trafik denetimi
 - Araç takibi, plaka tanıma, hız denetimi vb.
- Endüstriyel otomasyon
 - Kalite kontrol, robotik vb.
- Jeolojik uygulamalar
 - Mineral ve petrol arama, su altı görüntüleme
- Arkeolojik uygulamalar
 - Kalıntılara ait bulanık fotoğrafların iyileştirilmesi
- Elektronik son kullanıcı ürünleri
 - TV, fotoğraf makinesi vb.
- Askeri uygulamalar
 - İnsansız hava araçları, hedef tespiti, gece görüşü
- Film efektleri, yayıncılık, sanat, spor
- Savunma sanayi

gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Görüntü işlemenin özellikle düşük maliyetli olması, gerçek zamanlı problemlerin çözümünde etkili sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır.

Günümüzde birçok görüntü işleme tekniği kullanılmaktadır. Bu tekniklerden bazıları şu şekildedir;

- Görüntü çakıştırma (Image registration)
- Görüntü ölçeklendirme (Image scaling)
- Görüntü döndürme (Image rotation)
- Görüntü örtüleme (Image masking)
- Görüntü dikişleme (Image stitching)
- Görüntü kaynaştırma (Image blending)
- Görüntü mozaikleme (Image mosaic)

Görüntü çakıştırma, aynı sahnenin iki veya ikiden fazla görüntüsünün üst üste getirilmesi işlemidir. Bu görüntüler farklı zamanlarda, farklı bakış açılarından veya farklı algılayıcılar tarafından elde edilmiş olabilir.

Görüntü ölçeklendirme, resim veya grafiklerin orantılı ya da orantısız olarak büyültüp küçültülebilme işlemidir. Görüntüler üzerinde gerekli tanımlamaların daha rahat bir şekilde yapılabilmesi için görüntü ölçeklendirme işlemine ihtiyaç duyulabilir.

Görüntü döndürme; görüntülerin yatay ve dikey olarak ya da kullanıcının istek ve ihtiyacına göre, görüntünün kendi eksenini etrafında, belli bir açı dahilinde çevrilmesi işlemidir.

Görüntü örtüleme; görüntü içerisindeki bazı kısımların çalışmanın dışında tutmak için görüntünün bazı bölümlerinin kapatılması işlemidir. Bu işleme görüntü örtme ya da maskeleme de denir. Görüntünün maskelenmesi; görüntünün verilen komuttan etkilenmemesini veya görüntünün bazı bölümlerinin gizlenmesini sağlar.

Görüntü kaynaştırma, farklı perspektiflerden çekilmiş görüntülerin, birbirine göre hizalandıktan sonra uç uca ekleme işlemidir. Farklı perspektiflerden çekilen görüntülerin doğrudan hiçbir işleme tabi tutulmadan uç uca eklenmesi iyi sonuçlar elde edilmesine engel olduğu için görüntü kaynaştırma işlemine ihtiyaç duyulur.

Görüntü karıştırma; mevcut örtüşen piksellerdeki bozukluğu gidermek için piksellerdeki ağırlıklı ortalama renk değerlerini kullanarak, piksellerin karıştırılması işlemidir. Bu işlem sonucunda örtüşen ya da çakışan noktaları birleştirilen görüntülerin örtüşen noktalarındaki gözle görülecek hataları en aza indirgenmiş olur.

Günümüzde üzerinde en çok çalışılan görüntü işleme konularından biri de görüntü mozaikleme tekniğidir.

Görüntü mozaikleme ortak noktaları bulunan veya belli noktaları çakışan iki veya daha fazla resmin belirli algoritma ve yöntemler vasıtasıyla birleştirilip daha büyük alanı kapsayan görüntü elde edilmesidir [7-9].



Şekil 1.2. Ortak noktası bulunan resimler [10]



Şekil 1.3. Ortak noktası bulunan resimlerle mozaik oluşturma [10]

Görüntü mozaikleme yönteminde amaç görüntü kalitesini düşürmeden daha büyük alana ait bir resimler bütünü oluşturmaktır. Normalde büyük görüntü almak için daha geniş açıyla resimleri çekmemiz gerekmektedir fakat bu görüntü kalitesini düşürür. Görüntü mozaikleme sayesinde görüntü alacağımız alanın resimlerini birbiriyle çakışacak şekilde parça parça çeker ve birleştirirsek daha kaliteli ve yüksek pikseli resimler elde edebiliriz.

Görüntü mozaikleme işlemi gerçekleştirilirken; giriş görüntüleri alınır, ikinci olarak özellik çıkarımı yapılır yani noktaların koordinat piksel değerleri gibi özellikleri belirlenir. Üçüncü adımda görüntüler kaydedilir, dördüncü adımda özellikleri çıkarılan bu noktalar üzerinden eşleştirme yapılır, beşinci adımda benzer noktalar sınıflandırma algoritmaları kullanılarak belirlenir. Daha sonra da aykırı noktaların tespiti için algoritmaları çeşitli algoritmalar kullanılır ve son aşama olarak çakışan noktalara göre warping işlemi gerçekleştirilir.

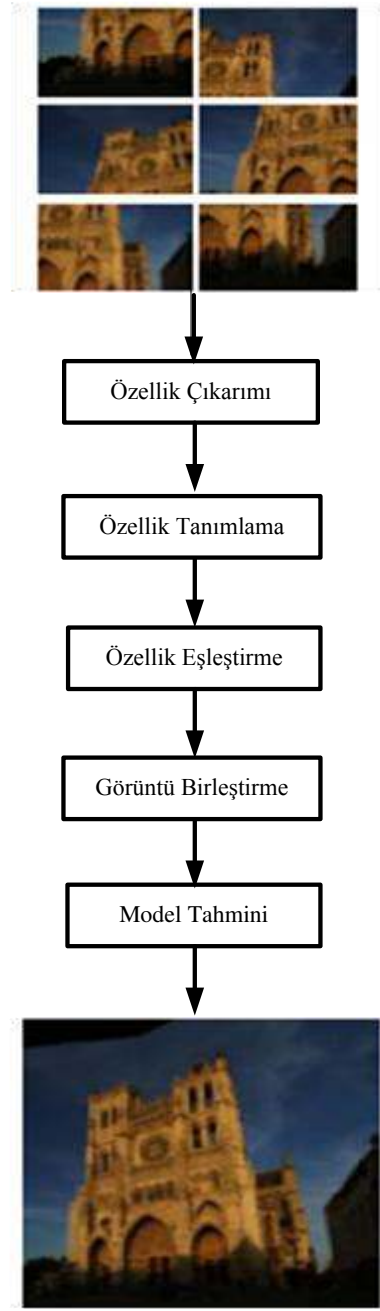
Günümüzde görüntü mozaiklemenin kullanıldığı birçok uygulama alanı mevcuttur. Bu uygulama alanlarından bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Akıllı Sistemler ve Robotlar (Kamera sistemleri vb.)
- Tıbbi Uygulamalar (Bilgisayar destekli cerrahi vb.)
- Askeri Uygulamalar (İnsansız hava araçları vb.)
- Tarımsal Uygulamalar (Tarımsal arazi planlaması vb.)
- Coğrafi Uygulamalar (Haritalama vb.)

Literatürde bu konu ile ilgili yapılmış birçok makale ve tez çalışması mevcuttur. Bu alanda yapılan görüntü mozaikleme, görüntü düzeltme ve görüntü işleme teknikleri için bazı çalışmalar aşağıda özetlenecektir.

Görüntü mozaiklemenin en çok kullanıldığı alanlardan biride insansız hava araçlarıdır. İnsansız hava aracı üzerinde bulunan en önemli izleme aracı kamera ile görüntü elde etmektir. Bu görüntüler işlenerek ve kullanılarak ilgili amaca yönelik çalışmalar yapılmaktadır [11-21].

Zuliani yaptığı doktora tez çalışmasında görüntü düzeltme ve birleştirme algoritmaları üzerine çalışmış ve başarılı sonuçlar elde etmiştir [22]. Bu çalışmada uygulanan adımlar genel olarak Şekil 1.4’de verilmiştir.



Şekil 1.4. Görüntü mozaikleme algoritması [22]

Şekilde görüldüğü gibi alınan görüntü dizisi için ilk olarak özellik çıkarımı uygulanmaktadır. Bu aşamada görüntülerin ortak noktalarının belirlenmesi için gerekli olan özellikler çıkarılmaktadır. Bu aşamadan sonra gelen özellik tanımlaması kısmında ise her bir görüntünün birleştirileceği noktaların tanımlanması yapılır. Bu tanımlamadan sonra her bir görüntüdeki birbirine uyan noktalar eşleştirilir. Son olarak dönüşüm modeli tahmini gerçekleştirilir ve görüntüler birleştirilir.

Efendioğlu'nun tez çalışmasında otomatik mozaikleme kullanılarak geniş görüş açısına sahip görüntülerin oluşturulması üzerine yoğunlaşmıştır. Literatürdeki özellik tabanlı birleştirme algoritmaları incelenmiştir. Pratik uygulamalarda sıklıkla tercih edilen algoritmaların yazılım ortamında başarımlarını karşılaştırmaları video, resim dosyası ve gerçek zamanlı veri akışı üzerinden geniş açılı görüntüler oluşturularak gerçekleştirilmiştir [23].

Pak çalışmasında bir İnsansız Hava Aracı ile elde edilmiş resimlerin iki boyutlu düzlemdeki yerlerinin bulunmasıyla, bunların daha büyük bir resim içerisinde toplanması, başka bir deyişle bölgenin haritasının (mozağının) çıkarılması amaçlanmıştır. Kullanıcı etkileşimini en aza indirerek otomatik olarak resimler arasındaki kayıklıkları hesaplayan ve tek bir resim içerisinde birleştiren bir uygulama kullanıcı ara yüzü geliştirmiştir [24].

Özzybek yapmış olduğu tez çalışmasında köşeleri bulmak için SUSAN köşe bulma yöntemi kullanılmaktadır. Köşeler yoğunluk eşiği ve uzaklık eşiği kullanılarak eşleştirilmektedir. Eşleme işleminden sonra dönme açısı köşeler arasına çizilen doğruların eğim farklılıkları kullanılarak bulunmaktadır. Görüntüyü dönme açısı kadar döndürdükten sonra, alan tabanlı algoritmalar uygulanarak görüntülerdeki kayma miktarı bulunmaktadır [25].

Nemra çalışmasında ölçekten bağımsız özellik dönüşümü kullanarak düşük çözünürlüklü bağımsız görüntülerden yüksek çözünürlüklü bütün bir görüntü elde etmek için insansız hava aracı görüntülerini kullanmıştır [10].

Cartney ise yine bir insansız hava aracından alınan görüntüler için gerçek zamanlı çalışan bir görüntü mozaikleme ve düzeltme yazılımı gerçekleştirmiş ve başarılı olarak uygulamıştır [21].

Zitova yapmış olduğu çalışmada klasik görüntü kaydetme işlemini farklı zamanlarda farklı sensörlerden alınan görüntüleri özellik algılama, özellik eşleştirme, haritalama ve fonksiyon tasarımı, yeniden örnekleme olarak dört aşamada yapmıştır [26].

Wang çalışmasında İnsansız Hava Aracındaki kızılötesi termal kameralardan aldığı görüntüleri SIFT algoritmasıyla özellik çıkarımı yapıp RANSAC algoritmasıyla en iyi eşleşmeleri sağlamaya çalışmıştır [27].

Huang insansız hava aracı uygulamaları için bir görüntü serisinden bütün bir görüntü elde etmek için önce resimlerin özellik çıkarımını yapmış devamında resimlerde birbirlerine karşılık gelen noktaları belirlemiş ve dönüşümlerle birleştirmiştir [28].

Liang çalışmasında doküman resimleri kullanarak görüntü mozaikleme uygulaması gerçekleştirmiştir. Metinlerin içerik formlarının, dokümanların dik doku yüzeyi üzerinden

aktığı bir anahtar varsayımı ile başarılmıştır. İlk olarak perspektif bozulma ve rotasyon doku akış bilgilerini kullanarak görüntü kaldırılmıştır. Sonraki aşamada görüntülerin dönüşümü ve ölçekleme işlemi için bir Hough dönüşümü kullanılmıştır [29].

Yang çalışmasında HJ-1 uydu görüntüleri ile otomatik görüntü mozaikleme uygulaması gerçekleştirmek üzere geçerli alnları gemoetrik karakterlere dayalı bir dikiş çizgi algoritması önermiştir [30].

Qin çalışmasında görüntü mozaikleme tekniği aşamalarındaki eksiklikleri gidermek için ilk olarak, uygun özellik noktalarını yeni yöntem ile tespit etmiştir. Mismatching puan ile karşılıklı haritalama teorisi kullanılarak aykırı noktalar kaldırılır. İkincisi, dönüşüm matrisi RANSAC algoritması ile hesaplanmaktadır. Ayrıca, matrisleri optimize etmek için Levenberg-Marquardt algoritması (LM) ile çalışmalar yapmıştır [31].

Poletti çalışmasında geniş alan görüntüleyen fundus kameralar sayesinde bebeklerin daha geniş alanda görüntülerinin ve videolarının görüntülenmesine izin vermektedir. Aldığı video ve görüntülerden mozaik oluşturarak daha geniş görüntü sunma imkanı elde etmiştir [32].

Şu ana kadar kullanım amaçları ve birleştirme metotları açısından birçok görüntü mozaikleme tekniği geliştirilmiştir. Söz konusu teknikler akıllı sistemler ve robotlar, tıbbi uygulamalar, imalat sistemleri, askeriye ve güvenlik gibi birçok alanda uygulanmaktadır [33-44].

1.1. Temel Kavramlar

Satır ve sütunlardan oluşan, piksel değerleri içeren matrislere görüntü denir. Görüntü; ikili görüntü, gri görüntü ve RGB görüntü olmak üzere türlerine göre üçe ayrılır. Bunları açıklayacak olursak;

İkili Görüntü (Binary Image); Bu görüntü türünde matris değerleri 0 ve 1 değerlerinden oluşmaktadır. 0 siyah rengi, 1 ise beyaz rengi temsil etmektedir.

Gri Görüntü (Gray Image); Gri tonlu görüntülerde, görüntü farklı gri ton değerlerinden oluşur. Gri değer aralıkları: $G=\{0,1,2,3,\dots,255\}$ şeklinde ifade edilir. Bir gri görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri bulunabilir. 0 siyah renge, 255 ise beyaz renge karşılık gelir. Bu iki değer arasında gri tonlar oluşur.

RGB Görüntü (RGB Image); Renkli görüntü; bilgisayar ekranlarında 24 bitlik veri olarak görüntülenirler. Görüntüleme R(kırmızı), G(yeşil), B(mavi) kodlanmış aynı nesneye

ait üç adet gri düzeyli görüntünün üst üste ekrana iletilmesi ile oluşur. 0,4-0,5 mikrometre dalga boyu mavi renge; 0,5-0,6 mikrometre dalga boyu yeşil renge; 0,6-0,7 mikrometre dalga boyu ise kırmızı renge karşılık gelir. Bu dalga boylarından elde edilmiş üç gri seviye görüntü bilgisayar ekranında sırası ile kırmızı, yeşil, mavi kombinasyonunda üst üste düşürülerek renkli görüntü elde edilir.

Görüntü işleme konusunu ele almadan önce bilinmesi gereken kavramlardan bazılarını da şu şekilde sıralayabiliriz;

- Piksel (Pixel): Picture element sözcüklerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur, görüntünün birim elemanını ifade eder.

Pikselin iki temel özelliği vardır:

1. Pikselin algılandığı elektromanyetik spektrumdaki gri değeri
 2. Görüntü matrisinde sahip olduğu matris koordinatları
- Parlaklık (Intensity): x ve y uzaysal boyutlar olmak üzere $I(x,y)$, x ve y koordinatlarındaki pikselin parlaklık değerini gösterir.
 - Ayırıklaştırma (Digitizing): Analog görüntünün sayısal sistemde ifade edilebilmesi için önce uzaysal boyutlarda sonlu sayıda ayırık parçaya bölünmesi (örnekleme, sampling), sonrada her bir parçadaki analog parlaklık değerinin belli sayıda ayırık sayısal seviyelerden biri ile ifade edilmesi (kuantalama, quantizing) gerekir.
 - Çözünürlük (Resolution): görüntünün kaç piksele bölündüğünü, yani kaç pikselle temsil edildiğini gösterir. Çözünürlük ne kadar yüksekse, görüntü okadar yüksek frekansta örneklenmiş olur ve görüntüdeki ayrıntılar o kadar belirginleşir.
 - Uzaysal Frekanslar (Spatial Frequencies): Uzaysal boyutlarda belli bir mesafede parlaklık değerinin değişim sıklığını ifade ederler.

1.2. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu yüksek lisans tezinin amacı görüntü mozaikleme algoritmalarını incelemek ve gerçekleştirmektir. Yeni ve etkili bir görüntü mozaikleme algoritması geliştirerek, fotovoltaiik dizilerde geliştirilen görüntü mozaikleme algoritmalarını uygulamak ve deneysel olarak doğrulamaktır. Bu çerçevede tez süresince aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

- Literatürdeki görüntü mozaikleme yaklaşımlarının incelenmesi

- Bilinen görüntü mozaikleme yaklaşımları için simülasyon çalışmalarının yapılması ve doğrulanması,
- Geliştirilecek görüntü mozaikleme algoritmalarının tasarlanıp simülasyon çalışmalarının yapılması ve doğrulanması,
- Pv diziler üzerinden elde edilen görüntülerin özelliklerinin değerlendirilmesi,
- Pv diziler için görüntü mozaikleme algoritmalarının geliştirilmesi ve simülasyonlarının yapılarak deneysel veriler üzerinden doğrulanması.

Bu tezde yapılan çalışmalar ulusal bir dergiye çalışma olarak gönderilmiştir. Bu çalışma aşağıda verilmiştir.

1. Müezzinoğlu T., Çolak F. ve Karaköse M., Görüntü Mozaikleme Algoritması İçin Deneysel Bir Çalışma, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2014

1.3. Tezin Yapısı

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan giriş bölümünde görüntü işleme ve görüntü mozaikleme teknikleri hakkında genel bilgiler, tezin amacı, kapsamı, sunduğu katkılar ve yapılan konferans ve dergi çalışmaları yer almaktadır.

Bölüm 2’de Görüntü mozaikleme tekniği ile ilgili genel bilgiler ve görüntü mozaikleme tekniğinde kullanılan farklı algoritmaları ile ilgili analizler ve bu algoritmalar ile ilgili örnek uygulamalar yer almaktadır.

Bölüm 3’de ise bu tez çalışması kapsamında Görüntü mozaikleme algoritması için önerilen yeni yaklaşım anlatılmıştır. Bu yöntemin içeriği ve temel olarak bu algoritmanın avantaj ve dezavantajları, algoritmanın aşamaları ve örnek uygulamaları bu bölümde detaylıca yer almaktadır.

Bölüm 4’de Fotovoltaik diziler üzerinde yapılan görüntü mozaikleme algoritması hakkında ayrıntılı bilgiler yer almaktadır. Örneğin anahtar nokta sayısı, benzerlik oranı, küme merkezi sayısı gibi kat sayılarının optimum değerlerinin bulunması ve bu katsayıların diğer görüntülerde de kullanılabilmesi gibi konular ayrıntılı bir şekilde bu bölümde yer almaktadır.

Son bölümde ise tez aşamasının diğer bölümlerinde görüntü mozaikleme tekniği ile ilgili gerçekleştirdiğimiz uygulamaların analiz ve simülasyon sonuçları ile ilgili değerlendirmeler yer almaktadır.

2. GÖRÜNTÜ MOZAIKLEME

Görüntü mozaikleme belirli bir bölgede çekilen fotoğrafların tek bir mozaik resim içerisinde yerleştirilerek o bölgenin mozaığının oluşturulmasına denir. Görüntü mozaikleme ortak noktaları bulunan resimler üzerinden belirli algoritmalar ve yöntemlerle çakıştırma ve birleştirme işlemidir.

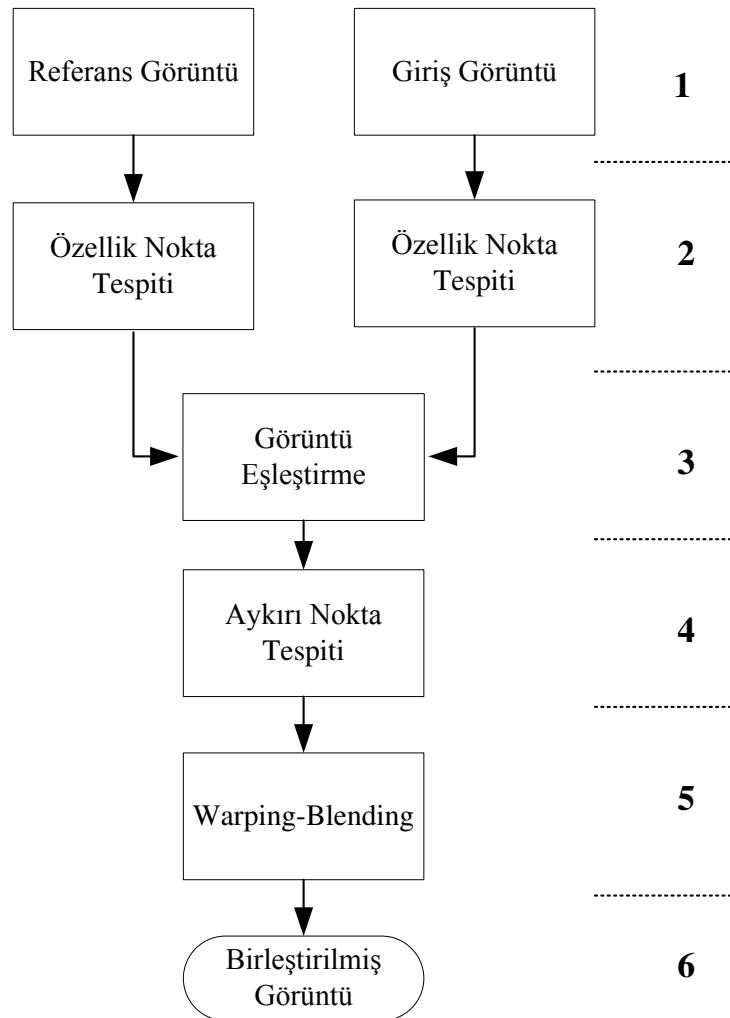
Görüntü mozaikleme yönteminde amaç görüntü kalitesini düşürmeden daha büyük alana ait bir resimler bütünü oluşturmaktır. Normalde büyük görüntü almak için daha geniş açıyla resimleri çekmemiz gerekmektedir fakat bu görüntü kalitesini düşürür. Görüntü mozaikleme sayesinde görüntü alacağımız alanın resimlerini birbiriyle çakışacak şekilde parça parça çeker ve birleştirirsek daha kaliteli ve yüksek pikseli resimler elde edebiliriz.

Şu ana kadar hem amaç hem de kullanılan metot açısından birçok görüntü mozaikleme tekniği geliştirilmiştir [45-47]. Görüntü mozaikleme tekniğinin uygulama alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Akıllı sistemler ve robotlar
 - Görüntü ve diğer sensörleri kullanarak gerçekleştirilen geri beslemeli robot hareket kontrolü
 - Stereo kameraların kontrolü
 - Akıllı izleme sistemleri
 - Otomatik hedef belirleme ve yol takip etme sistemleri
- Tıbbi uygulamalar
 - X-ışınlarla edinilmiş tomografi ile manyetik rezonans görüntülerin birleştirilmesi
 - Bilgisayar destekli cerrahlik
 - 3 boyutlu yüzey örnekleme.
 - Mikro Cerrahi
- İmalat sistemleri
 - Elektrik devre eleman tespiti
 - Ürün yüzeyini ölçme ve inceleme
 - Tehlikeli olmayan (nondestructive) maddelerin incelenmesi.
 - İmalat süreç denetimi
 - Karmaşık makine/cihaz inceleme
 - Üretim hatlardaki zeki robotlar

- Askeri ve güvenlik uygulamaları
 - Hedef tanıma
 - İz sürme
 - Yer (su, hava) hedefleri belirleme
 - Saklı silah tespiti
 - Savaş alan denetimi
 - Gece yol kılavuzu
- Uzaktan algılama sistemleri
 - Elektro manyetik ışınlaraın değişik frekanslarını kullanma
 - Sensörler: siyah beyaz havai fotoğraf makinelerinden çok spektrumlu aktif mikrodalga görüntüleme radarlarına kadar çeşitli ölçü sistemleri.

Görüntü mozaikleme yönteminin aşamaları ise şu şekilde verilebilir;



Şekil 2.1. Görüntü mozaikleme algoritmasının adımları

Görüntü mozaikleme adımlarını detaylandırarak olursak;

- İlk adımda; görüntü mozaikleme algoritması kullanılarak, çakışan noktaları bulunan görüntüler giriş olarak alınır.
- İkinci adımda; birleştirilecek görüntüler üzerinde özellik nokta tespiti yani kenar, köşe noktalarının bulunması gerçekleştirilir. Bu adımda özellik nokta tespiti yapılırken kullanılan bazı yöntemleri şu şekilde sıralayabiliriz;
 - İlişkisel tabanlı
 - Alan tabanlı
 - Özellik tabanlı yöntemlerdir
- Üçüncü adımda; ikinci adımda köşe, kenar noktaları bulunan görüntüler üzerinde çakışan noktaların bulunması için görüntü eşleştirme işlemi yapılır. Görüntü eşleştirme işleminde ortak noktaların belirlenmesi için sınıflandırma işlemi yapılır. Sınıflandırma işleminde kullanılan bazı yöntemler şu şekildedir;
 - KNN algoritması
 - K means algoritması
 - Genetik algoritmalar
 - Destek vektör makineleri
 - Bulanık küme sınıflandırıcıları
 - Eğri uydurma vb.
- Dördüncü adımda, birleştirilecek görüntüler üzerinde çakışan ortak noktalar bulunup görüntüler eşleştirildikten sonra, bulunan noktalar içerisindeki aykırı noktaların tespiti için RANSAC algoritması uygulanır.
- Beşinci adımda ise son olarak aykırı noktalardan arındırılmış görüntüler warping ve blending işlemine tabi tutulur.
- Altıncı adımda da görüntü mozaikleme algoritması ile birleştirilmiş görüntü elde edilir.

Bu adımlar aşağıdaki konu başlıklarında sırasıyla algoritmalarla birlikte detaylı bir şekilde verilmiştir.

2.1. Özellik Noktalarının Tespiti

Özellik noktalarının tespitinde kullanılan başlıca yöntemler; ilişkisel tabanlı, alan tabanlı ve özellik tabanlı yöntemlerdir [48]. İlişkisel tabanlı yöntemde birleştirilecek iki

görüntü arasındaki ilişkiyi bulmak için genellikle Fourirer dönüşümü ve konvülyasyon uygulanır. Alan tabanlı yöntemde, görüntü üzerinde eşleştirme birimi gri değerler üzerinden yapılır. Görüntü içerisinde tekrarlı olarak görülen gri piksel değerleri anlam karmaşasına yol açtığı için çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir.

Özellik tabanlı yöntemde ise, görüntü üzerindeki gri değerler üzerinde işlem yapan alan tabanlı yöntemden farklı olarak, görüntü üzerinde detayların; nokta, kenar ve bölgelerini kullanarak eşleştirme işlemini gerçekleştirir. Bu nedenle özellik nokta tespitinde, özellik tabanlı yöntemler alan tabanlı yöntemlere göre daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Özellik tabanlı algoritma daha az işlem gücü gereksinime ihtiyaç duyduğu için diğer algoritmalara göre daha fazla tercih edilmektedir.

Özellik tabanlı yöntemde yaygın olarak kullanılan algoritmaları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Susan algoritması: Test edilecek pixelin üzerinde dairesel bir maske yerleştirilerek gerçekleştirilir. Algoritma maskenin merkezindeki benzer parlaklıklara sahip piksellerin sayısını hesaplar. Bu pikseller USAN olarak adlandırılır. Köşeler, görüntüdeki her piksele maskenin uygulanmasıyla bulunur ve daha sonra bu yeni USAN haritasında yerel minimumları bulur. Bu köşe saptama algoritması, gürültüye karşı dayanıklı, hızlı hesaplama yapar fakat bir ortalama tekrarlanma oranı vardır. Bu nedenle çok fazla tercih edilen bir algoritma değildir.
- Moravec algoritması: Moravec köşe bulma algoritmasında görüntüler üzerindeki farklı bölgeler köşe olarak tanımlanmıştır ve ardışık görüntülerdeki eşlenik bölgelerin bulunabilmesi için bu noktalar kullanılır. Moravec algoritmasında köşe noktaları her yönde büyük bir yoğunluk değişimi gösteren noktalar olarak düşünülür. Bu durum ise köşe noktalarında yoğun olduğu için Moravec algoritması köşe noktası yakalayıcısı olarak bilinir. Moravec sadece köşe noktalarını tanımlayabildiği için çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir. Önemli olan tüm anahtar noktaların bulunabilmesidir.
- Harris algoritması: Harris algoritması Moravec algoritmasının eksikliklerinin giderilmesiyle oluşturulmuştur. Harris algoritması geliştirilirken, tek bir kameradan elde edilen görüntüler kullanılarak, görüntüler üzerinde yorum yapılabilmesi için hareket analizi teknikleri kullanılmıştır. Moravec algoritmasına ek olarak Harris algoritmasında hem köşe noktaları hem de kenarlar üzerinde durulmuştur. Harris

algoritması diğer algoritmalara göre daha az işlem gücü gereksinime ihtiyaç duyduğu için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

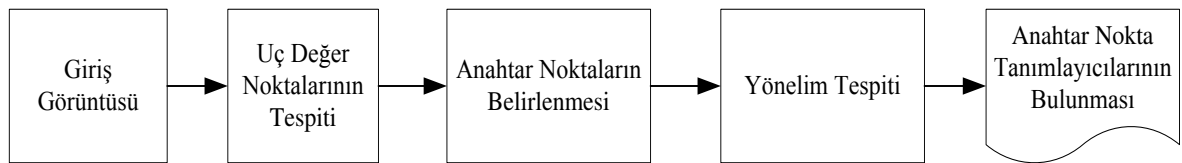
- SIFT algoritması: Anahtar nokta tespiti için SIFT algoritması popüler algoritmalar arasındadır. SIFT operatörü görüntüdeki gürültü miktarına karşın son derece sağlam eliminasyon işlemi yapar. SIFT operatörünün en önemli özelliği, görüntünün boyutundan, açısından, ışık miktarının ya da kamera açısının değişmesinden, kontrast ya da gürültüden etkilenmemesidir.

Bu algoritmalar birleştirilecek görüntüler içerisindeki köşeleri, kenarları ve bölgeleri yakalayan algoritmalar. Bu algoritmalar içerisinde en yaygın kullanılanlar ise SIFT ve Harris algoritmalarıdır.

2.1.1. SIFT Algoritması

SIFT algoritması çakışan görüntüler üzerindeki yerel özellikleri tespit edip tanımlamak için görüntü mozaikleme yönteminde kullanılan algoritmalar. Bu algoritma 1999 yılında David Lowe tarafından geliştirilmiştir. SIFT algoritması nesne tanımlama, 3 boyutlu modelleme, robotik yönlendirme ve konumlandırma, görüntü mozaikleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır [52].

Anahtar nokta tespiti için kullanılan SIFT algoritmasının en önemli özelliği, görüntünün boyutundan, ışık miktarından, kamera açısının değişiminden, kontrast ya da gürültüden etkilenmemesidir [50]. SIFT algoritmasının adımları Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. SIFT algoritmasının adımları

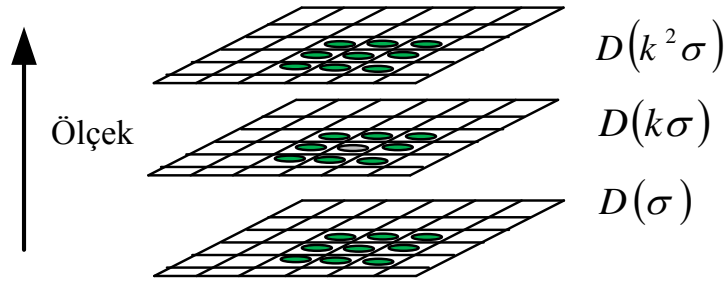
SIFT algoritması görüntü mozaik işleminin uygulanacağı resimler üzerinde 4 işlem gerçekleştirir [51]. Bu işlemleri şu şekilde sıralanabilir;

1. Uç değer noktalarının tespiti
2. Anahtar noktaların belirlenmesi
3. Yönelim tespiti
4. Anahtar nokta tanımlayıcılarının bulunması

2.1.1.1. Uç Değer Noktalarının Tespiti

Uç değer noktalarının konumlarını belirlemek için etkili bir çağlayan, kademeli bir filtreleme yaklaşımı kullanılır. Ölçek uzayının belirlenmesinde DoG (Difference of Gaussian) kullanılır. Önce ölçeksel uzay oluşturulur daha sonra uç değer noktalarının tespiti yapılır. Görüntü gauss filtrelerinden geçirilir.

Uç noktalar seçilirken bir noktanın $k=3 \times 3 \times 3$, $k-1=26$ tane komşu noktaya bakılır.

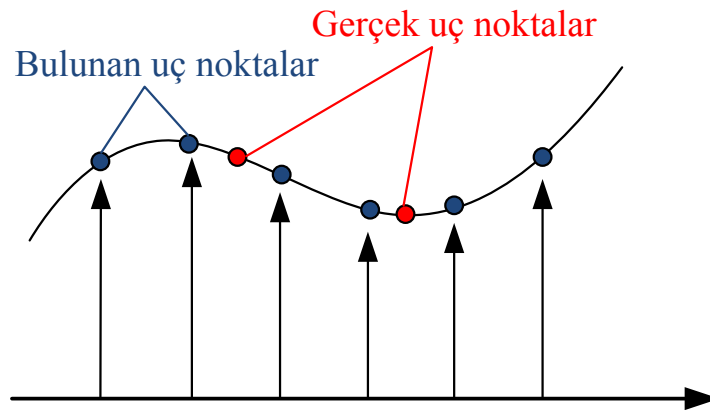


Şekil 2.3. Uç Noktaların Bulunması [53]

2.1.1.2. Anahtar Noktaların Belirlenmesi

Uç değer noktalarının tespitinden sonra, kararlı olmamasına rağmen birçok anahtar nokta adayları oluşmuştur. Bu noktalar oldukça fazladır ve gerçek anahtar nokta olmayabilirler. Kararlı olmayan bu noktaları veya zayıf olarak tespit edilmiş anahtar noktaları ayıklamak gerekir.

Uç nokta hataları, Taylor serileri kullanılarak giderilmeye çalışılırken, gerekli filtrelemeler ve eşiklemeler kullanılarak kontrastı düşük uç noktalar elenir. Bu şekilde anahtar nokta sayısı azaltılmış ve daha sağlam sonuçlar elde edilmiş olur.



Şekil 2.4. Hatalı Uç Noktalar [53]

2.1.1.3. Yönelim Tespiti

Her anahtar nokta için yön büyüklüğü ve açısı hesaplanır. Yumuşatılmış resimdeki her anahtar noktanın tüm komşu pikselleri için bu hesap yapılır.

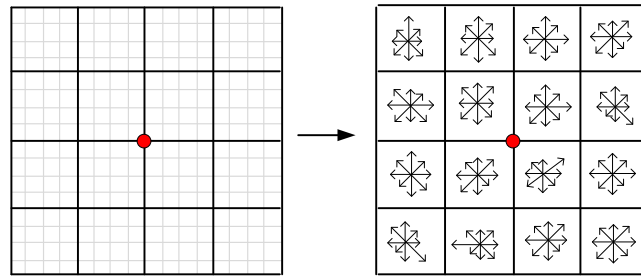
Her anahtar nokta adayının etrafında bir alan seçilir, yumuşatılmış görüntü (L) üzerinde bu değerler hesaplanır. $m(x,y)$ yönelim büyüklüğü, $\theta(x,y)$ yönelim açısıdır [52].

$$m(x,y) = \sqrt{(L(x+1,y) - L(x-1,y))^2 + (L(x,y+1) - L(x,y-1))^2} \quad (2.1)$$

$$Q(x,y) = \tan^{-1} \frac{(L(x+1,y) - L(x-1,y))}{(L(x,y+1) - L(x,y-1))} \quad (2.2)$$

2.1.1.4. Anahtar Nokta Tanımlayıcılarının Bulunması

Yöne ve büyüklükleri hesaplanan anahtar noktaların çevresinde tanımlayıcıları bulunur. Bu hesaplanırken anahtar nokta etrafında 4x4'lük bir sahne seçilir. Bu alt alanlar için histogram değerleri, aynı açığa sahip yönelim büyüklüklerinin toplanması ile oluşturulur.



Şekil 2.5. Anahtar Nokta Tanımlayıcıları [53]

2.1.2 Harris Algoritması

Harris algoritması 1988 yılında Harris ve Stephens tarafından geliştirilmiş köşe bulma algoritmalarından biridir. Harris 1977 yılında Moravec tarafından geliştirilen Moravec köşe bulma algoritmasından etkilenmiştir [53].

Moravec köşe bulma algoritmasında görüntüler üzerindeki farklı bölgeler köşe olarak tanımlanmıştır ve ardışık görüntülerdeki eşlenik bölgelerin bulunabilmesi için bu noktalar kullanılır.

Moravec algoritmasında köşe noktaları her yönde büyük bir yoğunluk değişimi gösteren noktalar olarak düşünülür. Bu durum ise köşe noktalarında yoğun olduğu için Moravec algoritması köşe noktası yakalayıcısı olarak bilinir.

Moravec algoritmasında, her pikselin köşe olup olmadığına karar vermek için o pikseli merkez kabul eden belirli bir büyüklükteki alanın çevresine göre ne kadar farklı olduğuna bakılır.

Görüntü mozaik işlemi uygulanacak görüntülerin özelliklerinden ilk göze çarpan kısımlar; dağ zirvesi, bina köşeleri, kapı aralıkları... vb. spesifik yerlerdir. Bu tür spesifik kısımlar sıklıkla anahtar nokta özellikleri ya da kontrol noktaları olarak isimlendirilir. Harris köşe bulma algoritması sabit dönmesinden dolayı görüntüler üzerindeki anahtar noktaların saptanmasında yaygın olarak kullanılan algoritmalarındandır.

Harris algoritması Moravec algoritmasının eksikliklerinin giderilmesiyle oluşturulmuştur. Harris algoritması geliştirilirken, tek bir kameradan elde edilen görüntüler kullanılarak, görüntüler üzerinde yorum yapılabilmesi için hareket analizi teknikleri kullanılmıştır.

Harris algoritmasında Moravec algoritmasında olduğu gibi ardışık görüntüler içerisinde çakışan noktaların bulunabilmesi için bir yöntem geliştirilmiştir. Moravec algoritmasına ek olarak Harris algoritmasında hem köşe noktaları hem de kenarlar üzerinde durulmuştur.

Harris algoritması diğer algoritmalarla göre daha az işlem gücü gereksinime ihtiyaç duyduğu için bu bölümde gerçekleştirdiğimiz görüntü mozaikleme uygulamasında, çakışan görüntüler üzerindeki köşe noktalarının tespiti için Harris algoritma kullanılmıştır.

Harris algoritmasının adımlarında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir. Bu formüllerin ayrıntılı açıklamaları [53]'de bulunabilir.

(2.1) formülünde I gri tonlamalı dijital görüntünün piksellerinin parlaklıklarını göstermek üzere, $F_{\Delta u, \Delta v}(x, y)$, x, y merkezli alanın piksellerinin parlaklık değeri ile alanın tüm küçük $(\Delta u, \Delta v)$ yönlerinde kaydırılması sonucu ulaşılan alandaki piksellerin parlaklıkları arasındaki farkın toplamını göstermektedir.

$$F_{\Delta u, \Delta v}(x, y) = \sum_{m, n} w(m, n) (I(x + m, y + n) - I(x + m + \Delta u, y + n + \Delta v))^2 \quad (2.1)$$

(2.1) denkleminde m ve n değerleri ise alanın yatay ve dikeydeki büyüklüğünü temsil etmektedir. Denklemden parlaklık farklarının çarpılacağı katsayıları belirleyen $w(m,n)$ fonksiyonu; alan içinde bir birim iken alan dışında sıfırdır.

I_x , I_y sırasıyla x ve y yönündeki kısmi türevleri ifade etmektedir ve (2.2) eşitliğindeki Taylor açılımı kullanılarak, 2.3'deki hale dönüştürülmüştür.

$$I(x + m + \Delta u, y + n + \Delta v) \approx I(x + m, y + n) + I_x(x + m, y + n)\Delta x + I_y(x + m, y + n)\Delta y \quad (2.2)$$

$$F_{\Delta u, \Delta v}(x, y) = \sum_{m,n} w(m, n) (I_x(x + m, y + n)\Delta x + I_y(x + m, y + n)\Delta y)^2 \quad (2.3)$$

Görüntü içerisindeki piksellerin merkeze yakın veya uzakta olmasına bakılmaksızın aynı seviyede etkileme gücüne sahip olmalarından dolayı oluşturacakları gürültüler $w(m,n)$ fonksiyonunun katsayılarının Gaussian dağılımına uygun seçilerek (2.5) eşitliğinde gösterildiği gibi engellenmiştir.

$$w(m, n) = \exp \frac{-(m^2+n^2)}{2\sigma^2} \quad (2.4)$$

$$F_{\Delta u, \Delta v}(x, y) = \sum_{m,n} \exp \frac{-(m^2+n^2)}{2\sigma^2} (I_x(x + m, y + n)\Delta x + I_y(x + m, y + n)\Delta y)^2 \quad (2.5)$$

(2.5) denklemi sadeleştirilerek (2.6) denklemi elde edilir;

$$F_{\Delta u, \Delta v}(x, y) = \sum_w (I_x \Delta x + I_y \Delta y)^2 \quad (2.6)$$

(2.6) denklemindeki eşitlik matris formuna dönüştürülürse (2.7) eşitliği elde edilir;

$$F_{\Delta u, \Delta v}(x, y) = [\Delta x \ \Delta y] M(x, y) \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Burada 2x2 boyutlarında olan M matrisi, (2.8) eşitliğinde gösterildiği gibi komşuluk sınırları içerisinde kalan piksellerin radyan çarpımlarıyla elde edilmiştir.

$$M(x, y) = \begin{bmatrix} \sum_w I_x^2 & \sum_w I_x I_y \\ \sum_w I_x I_y & \sum_w I_y^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_w G_{xx} & \sum_w G_{xy} \\ \sum_w G_{xy} & \sum_w G_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Harris algoritmasında diagonal olan M matrisinin öz değerlerinin yerel oto kolerasyon fonksiyonunun kavislenmesi ile orantılı olduğu kabul edilmiştir.

Matrisin öz değerlerinden (λ_1, λ_2) değerlerinin belirli eşik değerinin üzerinde olması o pikselin köşe olduğunu göstermektedir. (λ_1, λ_2) değerlerinden birinin diğerine göre çok büyük olması ise o pikselin kenar olduğunu göstermektedir. Değerlerden ikisi de belirli bir büyüklüğün altında ise o pikselin köşe veya kenar özelliği göstermediğini belirtir.

M matrisinin (λ_1, λ_2) öz değerlerinin hesaplanması fazla zaman aldığı için, (2.9) eşitliğinde gösterildiği gibi daha kolay hesaplanabilen bir köşe veya kenar olma ölçüsü (KKOÖ) önerilmiştir.

$$KKOÖ = \det(M) - kTr(M)^2 = AB - C^2 - k(A + B)^2 \quad (2.9)$$

(2.9) eşitliğindeki k değişkeni değiştirilebilen bir sabit olmak üzere, elde edilen KKOÖ pozitif ve belirli bir büyüklükte ise pikselin köşe olduğu kabul edilir.

KKOÖ değeri negatif ve belirli bir büyüklükte ise piksel kenara karşılık gelmektedir.

2.2. Görüntü Eşleştirme

Görüntü mozaikleme işlemi uygulanacak görüntülerin; Harris, SIFT gibi algoritmalar kullanılarak özellik noktaları yani kenar, köşe noktaları tespit edildikten sonra eşleştirme işlemi gerçekleştirilir. Çakışan noktaları bulunan görüntülerin kenar, köşe noktaları gibi özellik noktaları tespit edildikten sonra sınıflandırma yöntemleri kullanılarak benzer noktalar sınıflandırılır. Sınıflandırma yöntemlerinden genel olarak kullanılanları ise; K-Means algoritması, K-NN algoritmalarıdır. Bu algoritmalarla ilgili detaylar aşağıda verilmiştir.

2.2.1. K-Means Algoritması

K-Means algoritmasının görüntü mozaikleme algoritmasında, görüntü eşleştirme aşamasındaki amacı özellik çıkarımı yapılmış verilerin, birden fazla sınıfa göre doğru bir şekilde sınıflandırmasını sağlamaktır. Sınıflandırma işlemini gerçekleştirirken, N tane veriyi k tane sınıfa ayırmayı amaçlar. K-Means algoritmasında sınıflandırma işlemi gerçekleştirilirken her verinin sadece bir kümeye ait olmasına izin verilir. Bu nedenle K-

Means algoritması, keskin bir kümeleme algoritmasıdır. K-Means algoritması merkez noktanın kümeyi temsil etmesi ana fikrine dayanmaktadır.

K-Means algoritması temel olarak 4 adımdan oluşmaktadır. Bu algoritmanın adımlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- İlk olarak karışık halde verilmiş olan veri kümesi sıralanır.
- Sıralama işlemi yapıldıktan sonra, verilerin başlangıçta rastgele olarak belirlenmiş olan k tane merkez noktalarına göre uzaklığı alınır. Veriler en yakın olduğu merkez noktasının kümesine dahil olur.
- Bir sonraki adımda, her küme için kümeye dahil olan elemanların ortalaması alınır. Bu ortalama kümenin yeni merkez noktası olarak belirlenir.
- Yeni merkez noktaları belirlendikten sonra, tekrar her verinin yeni merkez noktalarına olan uzaklıkları hesaplanır ve veriler en yakın olduğu merkez noktasının kümesine dahil edilir. Veriler kümeye dahil edildikten sonra küme elemanlarının ortalaması alınıp yeni merkez noktaları belirlenir.
- Kümeleme işleminin sonucu, bir önceki adımla aynı çıkıncaya kadar bu adımlar tekrarlanır.

K-Means sınıflandırma algoritması uygulanabilirlik açısından kolaydır ve büyük veri kümelerinde hızlı çalışabilmektedir.

Fakat K-Means algoritmasında k küme sayısını tespit edememektedir. Bu nedenle uygun k sayısını bulununcaya kadar bir deneme yanılma süreci gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda bu algoritma gürültülü verilere karşı duyarlıdır ve gürültülü verileri de kümelere dahil eder. K-Means algoritmasının bu dezavantajlarından dolayı görüntü mozaikleme işleminde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilirken tercih edilmez.

2.2.2. K-NN Algoritması

Görüntü mozaikleme algoritmasında, giriş olarak alınan birleştirilecek görüntüler üzerindeki anahtar noktaların tespiti gerçekleştirildikten sonra elde edilen anahtar nokta verileri üzerinde K-NN sınıflandırma yöntemi kullanılarak bu veriler sınıflandırılır.

Görüntü mozaikleme algoritmasında K-NN sınıflandırma yöntemi kullanılarak örnek kümedeki noktaların her birinin, sonradan belirlenen bir nokta değerine olan uzaklığı hesaplanır ve en küçük uzaklığa sahip k sayıda nokta elde edilir.

K-NN algoritmasında uzaklıkların hesaplanması için; Manhattan, Minkowski ve Öklid uzaklık fonksiyonlarından biri kullanılır. Bu uzaklık hesaplama fonksiyonlarından en basit uygulanan ve en yaygın olarak kullanılan Öklid fonksiyonudur. Bu nedenle K-NN algoritmasını uygularken noktaların uzaklık değerlerini hesaplamak için Öklid fonksiyonunu tercih ettik. Öklid fonksiyonun denklemi (2.10) eşitliğinde verilmiştir;

$$d(i, j) = \sqrt{\sum_{k=p}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (2.10)$$

(2.10) eşitliğinde, i ve j noktaları için Öklid uzaklık formülü verilmiştir. Bu formülde p; verilen bir noktaya en yakın komşu sayısını temsil eder.

K-NN algoritmasının adımlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Algoritmayı uygulayacak kişi tarafından k parametresi belirlenir. Bu parametre verilen bir noktaya en yakın komşu sayısını temsil eder.
- Belirli bir nokta ile diğer tüm noktalar arasındaki uzaklıklar ayrı ayrı hesaplanır.
- Hesaplanan uzaklık değerlerine göre noktalar sıralanır ve bu noktalar arasında en küçük olan k tane nokta seçilir.
- Seçilen noktaların hangi kümeye ait oldukları belirlenir ve en çok tekrar eden küme değeri seçilir.
- Seçilen küme, tahmin edilmesi beklenen noktanın kümesi olarak kabul edilir.

Uygulamamızda özellik noktaları tespit edilen görüntülerin eşleştirmesini gerçekleştirirken, K-NN algoritmasının seçilmesindeki nedenlerini yani K-NN algoritmasının avantajlarını şu şekilde sıralanabilir; uygulanabilirliği basit bir algoritma olması, gürültülü veriye karşı dirençli olması, eğitim dokümanının sayısı fazla ise etkili olması, ölçeklendirilebilir bir yöntem olması, çok geniş veri tabanları üzerinde uygulanabilir olması.

2.3. Aykırı Noktaların Kaldırılması

Görüntü mozaikleme ile birleştirilecek görüntüler üzerinde köşe, kenar noktaları tespit edilip, tespit edilen noktalar içerisinde çakışan noktalar eşleştirildikten sonra aykırı noktaların tespiti için literatürde en çok bilinen RANSAC algoritması uygulanır.

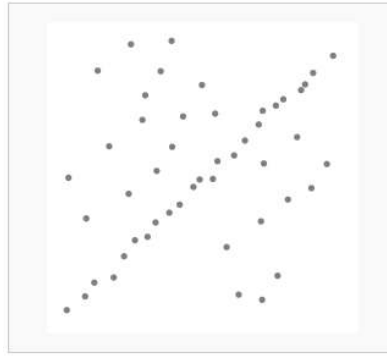
RANSAC algoritması, aykırı değerler içeren veri kümesi üzerinde yinelemeli olarak en uygun model parametrelerini kullanarak veri kümesi içerisindeki aykırı değerleri

tespit eder. Veri kümesi içerisindeki aykırı değerler, değerler oluştururken meydana gelen yüksek gürültü etkilerinden veya ölçüm hatalarından kaynaklanmaktadır. Veri kümesi içerisinde aykırı değerlerin bulunması elde etmek istediğimiz sağlıklı veri kümesine engel olacaktır. Bu nedenle RANSAC algoritması kullanılarak veri kümesi içerisindeki model parametrelerine aykırı olan değerler tespit edilir [47].

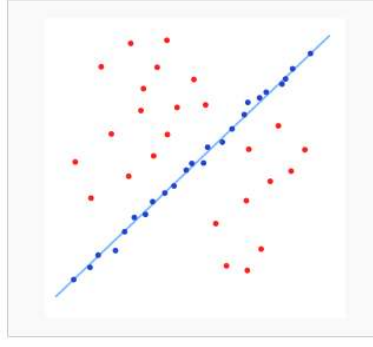
RANSAC algoritması; farklı görüntüler arasındaki ortak görüntülerin bulunması (stereo vision), araç kameralarıyla yol çizgilerinin sağlıklı tespit edilmesi, kalman filtresinin iyileştirilmesi, şekil tespiti gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

RANSAC algoritması, tekrarlamalı olarak en uygun çözümü aramaktadır. Tekrarlama işlemi sonlandıktan sonra veri kümesi içerisindeki en uygun model parametreleri çözüm olarak kabul edilmektedir. RANSAC algoritmasının gerçekleştirme aşamalarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Veri kümesi içerisinde rastgele değerler seçilir.
- Veri kümesi içerisinde seçilen değerler üzerine model (Homografi) uygulanır.
- Veri kümesi içerisindeki bütün değerlerin, uygulanan modele uyumlulukları hesaplanır. Modele yakın olan değerler veri kümesi içerisindeki sağlıklı değerler olarak kabul edilir. Modele uzak olan değerler ise aykırı değer olarak işaretlenir.
- Bu işlemler birçok defa tekrarlanır ve tekrarlanma sayısı da kullanıcı tarafından manuel olarak belirlenir. Tekrarlanma süresince bulunan en iyi model parametreleri, yani modele en yakın değer sayısının en fazla olduğu durum çözüm olarak kabul edilir.



Şekil 2.6. RANSAC uygulanacak örnek veri kümesi [47]



Şekil 2.7. RANSAC uygulanmış veri kümesi [47]

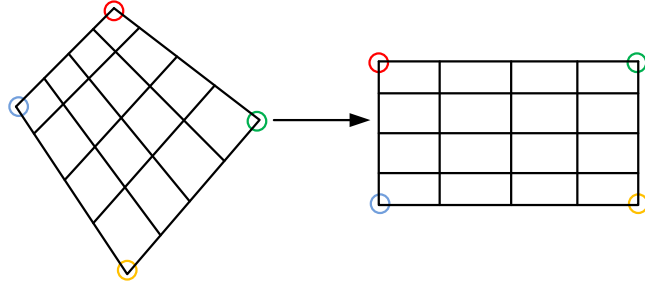
Örnek olarak Şekil 2.6’da gösterilen veri kümesine; RANSAC algoritması uygulanarak, Şekil 2.7’de gösterilen sonuç elde edilmiştir.

RANSAC algoritmasını gerçekleştirme aşamalarından biri olan Homografi tahmini ile farklı görüntülerdeki eşleşmiş anahtar noktaların aynı koordinat sistemine getirilmesi amaçlanır. Görüntülerden biri referans görüntü, diğeri ise eşlenmek istenen görüntü olarak ele alınır. Eşlenmek istenen görüntüye uzaysal dönüşüm uygulanarak referans görüntü ile aynı koordinat sistemine getirilir. Bu uzaysal dönüşüm, o görüntüdeki sahnelerin referans görüntüdeki yerlerine yerleştirilmesini sağlar.

Bu eşleştirmenin sağlanmasın için bir dönüşüm matrisi elde etmek gerekir. Dönüşüm matrisi bulunduktan sonra, giriş görüntüdeki her anahtar noktaya bu dönüşüm uygulanır, bu sayede hizalama işlemi gerçekleşmiş olur. Hizalama sonucunda giriş görüntüsündeki anahtar nokta sayısı değişmemiş ve referans görüntüyle büyük benzerlik sağlanmış olur.

İki görüntü ancak ve ancak aynı düzlemde farklı açılar ile görüntüleniyorsa, her iki resim aynı kamera fakat farklı açılar ile çekilmişse homografi ile ilişkilendirilebilirler.

$x=(u,v,1)$ anahtar noktası giriş görüntüsündeki bir nokta olsun, $x'=(u',v',1)$ anahtar noktası da referans görüntüdeki bir nokta olsun. Homografi matrisi de 3×3 ’lük bir matris olsun. Eğer $x'=Mx$ ise, M görüntüdeki homografi piksel koordinat ilişkisidir [22]. Referans ve giriş görüntüsünde seçilen eşleşmiş rastgele anahtar noktalar arasında ilişki bulunur. Rastgele seçilen anahtar noktalar M homografi matrisi her piksele uygulandığında yeni görüntü, orijinal görüntünün bükülmüş halidir.



Şekil 2.8. Farklı Perspektiflerden Aynı Görüntü

2.4. Görüntü Birleştirme

Görüntü mozaikleme algoritması uygulanarak birleştirilecek görüntüler üzerinde kenar, köşe noktalarının tespiti yapıp çakışan noktalar eşleştirildikten sonra elde edilen noktalar üzerine RANSAC algoritması uygulanarak aykırı noktalar tespit edilir. Aykırı noktaların tespiti gerçekleştirildikten sonra elde kalan örtüşen noktalara göre görüntüler üzerine Warping işlemi uygulanır [51,57].

Warping işlemiyle birleştirilecek görüntülerden biri taban (referans) görüntü olarak seçilir ve görüntüler üzerinde örtüşen noktalara göre diğer görüntülere koordinat düzleminde döndürme işlemi uygulanır. Döndürme işlemi gerçekleştirildikten sonra görüntüler birleştirilir.

Warping işlemiyle çakışan kısımları bulunan görüntüler birleştirildikten sonra, görüntülerin çakıştırılıp birleştirilen kısımlarındaki birleştirme işleminin belli olmaması için, çakışan kısımlardaki pikseller üzerine blending işlemi uygulanır. Blending işlemi; mevcut örtüşen piksellerdeki bozukluğu gidermek için piksellerdeki ağırlıklı ortalama renk değerlerini kullanarak, piksellerin karıştırılmasını sağlamaktadır [51,57]. Bu işlem sonucunda Şekil 2.9’da da görüldüğü gibi örtüşen ya da çakışan noktaları birleştirilen görüntülerin örtüşen noktalarındaki gözle görülecek hataları en aza indirmiş olur.



Şekil 2.9. Warping ve Blending işleminden sonra elde edilen görüntü

2.5. Uygulama Sonuçları

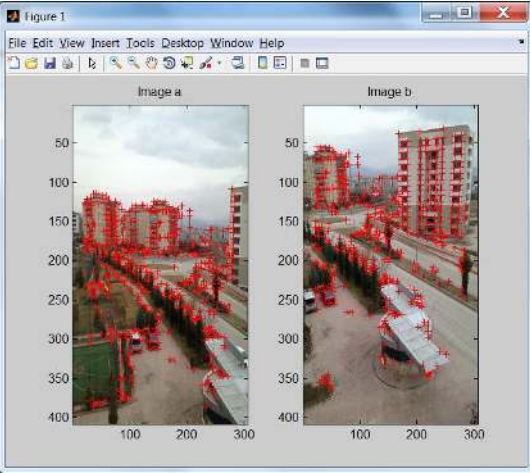
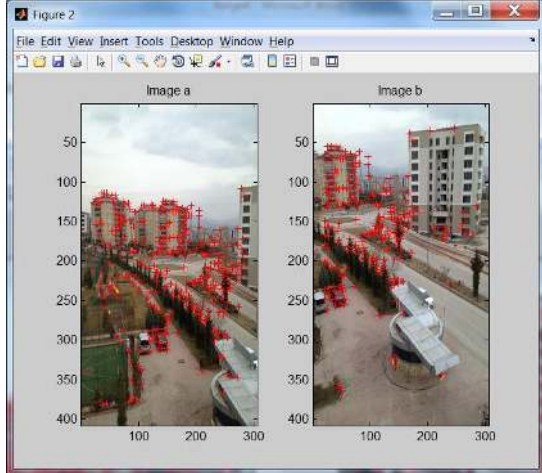
Bu bölümde mozaik görüntülemeye kullanılan Harris ve SIFT Algoritmalarının; farklı sayılarda görüntü parçaları kullanılarak, algoritmaların işlem maliyetleri ve görüntü mozaikleme işlemiyle elde edilen çıkış görüntüleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda çıkış görüntüsü olarak SIFT Algoritması daha iyi sonuç verirken, işlem maliyeti açısından da Harris Algoritması daha iyi sonuç vermiştir. Bunun nedeni ise SIFT algoritmasında özellik nokta tespiti gerçekleştirirken elde edilen anahtar nokta sayısının Harris algoritmasına göre daha fazla olmasıdır. Anahtar nokta sayısının fazla olması çıkış görüntüsünün oluşturulmasındaki hassasiyeti artırırken, biryandan da işlemlerin gerçekleştirme süresini arttırmaktadır. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda her iki algoritmanın avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak çalışmaya uygun bir algoritma seçilmelidir.

Tablo 2.1’de giriş olarak Şekil 2.10’da görülen 3 farklı görüntü, ve Tablo 2.2’de ise giriş olarak Şekil 2.11’de görülen 3 farklı görüntü alınarak, bu görüntüler üzerinde görüntü mozaikleme işlemi gerçekleştirme aşamaları ve bu aşamalardaki çıkışlar incelenmiştir. Tablo 2.1 ve 2.2’deki uygulamalar geliştirilirken özellik nokta tespiti için Harris algoritması kullanılmıştır.

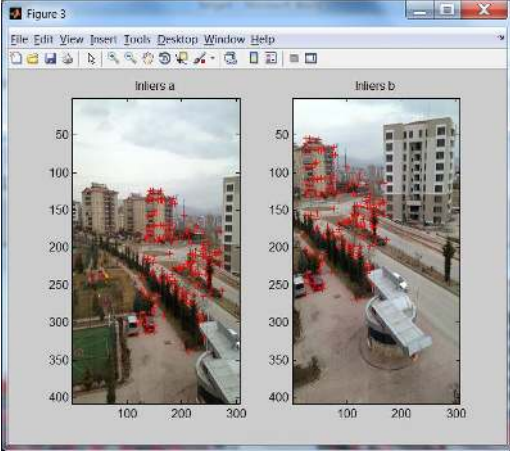
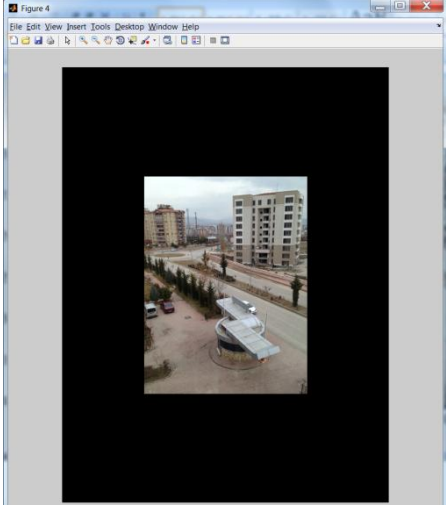
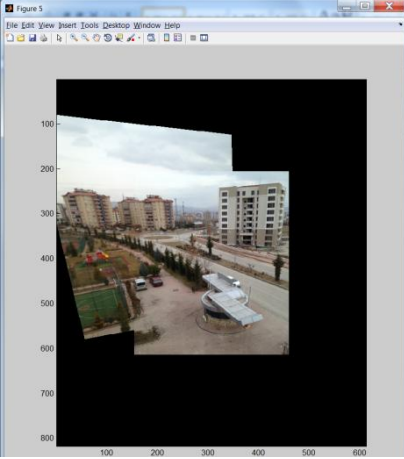
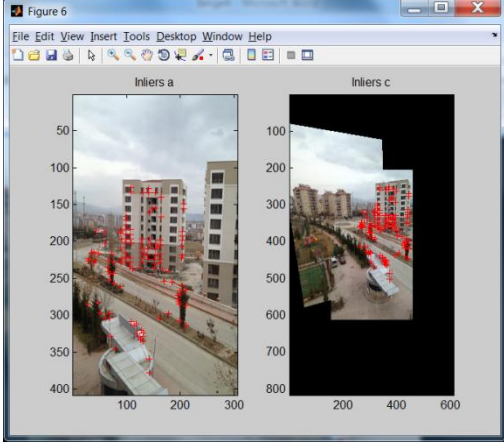


Şekil 2.10. Harris algoritması uygulanacak görüntüler

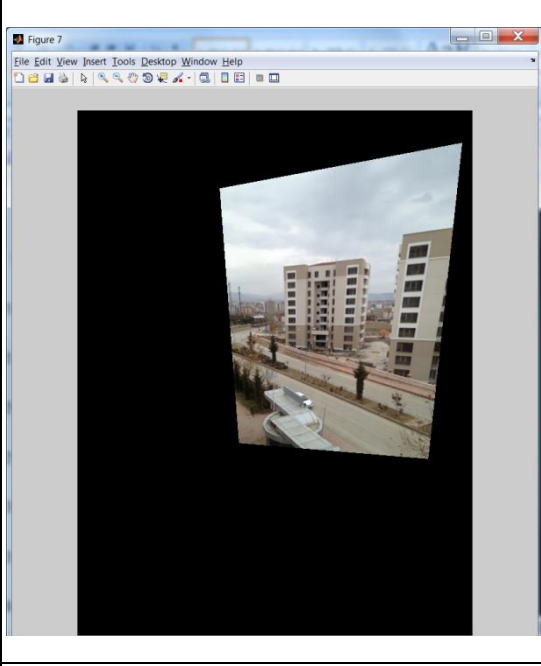
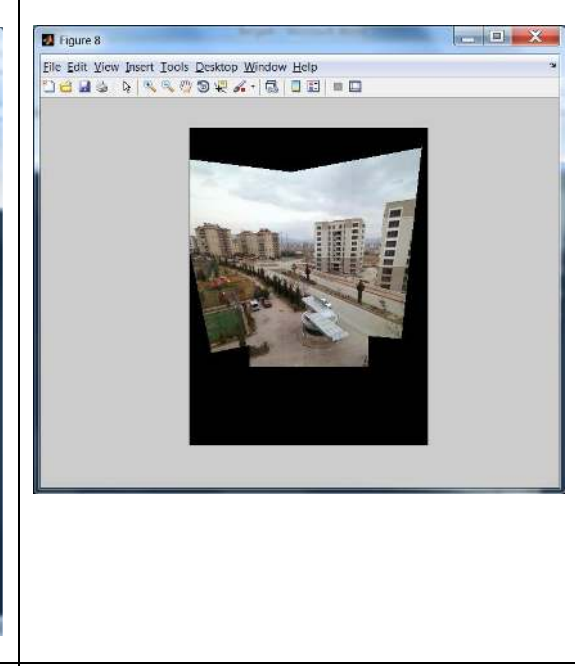
Tablo 2.1. Harris Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi-1

Uygulama Adımları	Uygulama Adımları
 Figure 1’de görüldüğü gibi; bu aşamada a ve b görüntüleri üzerinde özellik noktalarının tespiti için ilk önce Harris algoritması kullanılmıştır. Harris algoritmasıyla a ve b görüntüleri arasındaki anahtar noktalar (köşe, kenar noktalar) tespit edilmiştir. Bu işlem için geçen süre: 1.88 msn’dir.	 Figure 2’de görüldüğü gibi uygulamamızı gerçekleştirirken belirlenen eşik değerine göre, eşik değerinin altında kalan anahtar noktalar yani kaliteli olmayan anahtar noktalar silinir. Bu işlem için geçen süre: 1.51 msn’dir.

Tablo 2.1'in devamı

	
Figure 3'de ise RANSAC algoritması uygulanarak aykırı nokta tespiti yapılan görüntü elde edilmiştir. İki görüntü üzerindeki anahtar noktalar tespit edildikten sonra görüntüler KNN sınıflandırma algoritması kullanılarak eşleştirilir ve RANSAC algoritmasıyla aykırı noktalardan kurtarılır Bu işlem için geçen süre: 0.53 msn'dir.	Figure 4' de oluşturulacak mozaik görüntü için seçilen taban resim gösterilmektedir. Bir sonraki adımda warping işlemi yapılırken bu taban resmi kullanılacaktır. Bu işlem için geçen süre: 1.52 msn'dir.
	
Figure 4'de gösterilen taban görüntü kullanılarak ikinci görüntü ile warping işlemine tabi tutulur. Warping işleminde görüntüler üzerinde örtüşen noktalara göre diğer görüntüler koordinat düzleminde döndürme işlemi uygulanır. Daha sonra da görüntüler birleştirilir ve Figure 5 de görülen görüntü elde edilir. Bu işlem için geçen süre: 2.32 msn'dir.	Figure 5'de warping işlemi uygulanır. Daha sonra 2 görüntü birleştirilerek elde edilen görüntü ile üçüncü görüntü için RANSAC algoritması uygulanır. Böylelikle Figure 6'da görüldüğü gibi iki görüntü arasında yeni anahtar noktalar tespit edilir. Bu işlem için geçen süre: 2.07 msn'dir.

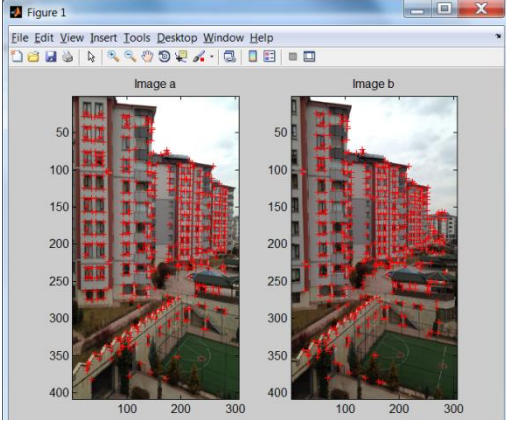
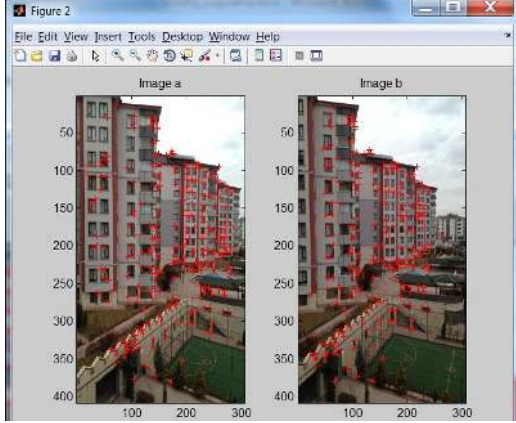
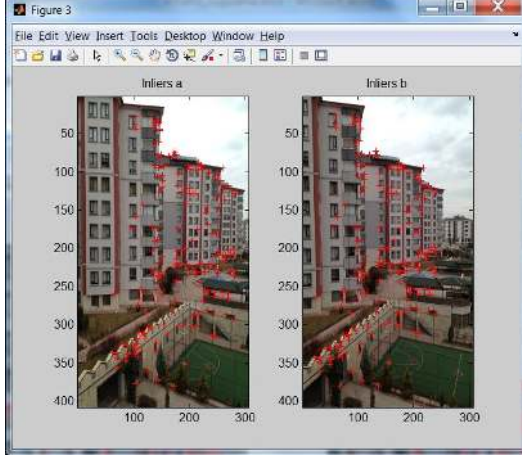
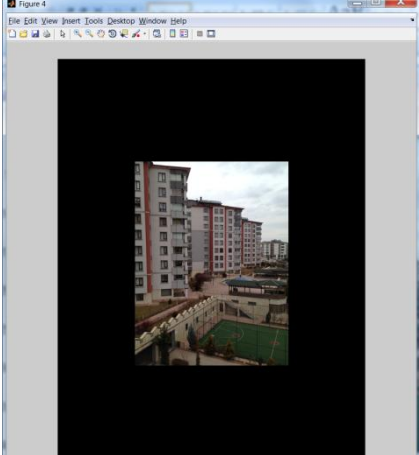
Tablo 2.1'in devamı

	
Figure 7' de mozağin yeni taban resmi gösterilmektedir. Bu işlem için geçen süre: 2.30 msn'dir.	Figure 8' de warping ve blending işlemleri ile farklı açılardan çekilen üç görüntünün görüntü mozaikleme ile birleştirilmiş görüntü gösterilmektedir. Bu işlem için geçen süre: 0.36 msn'dir.

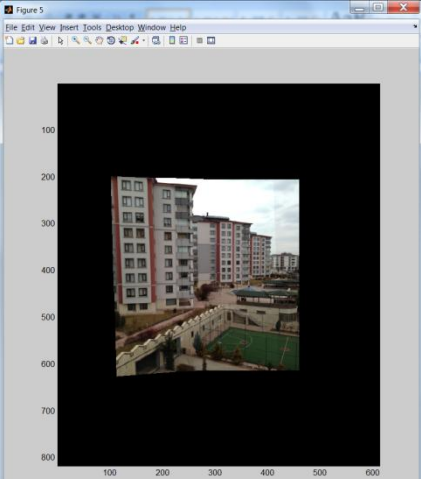
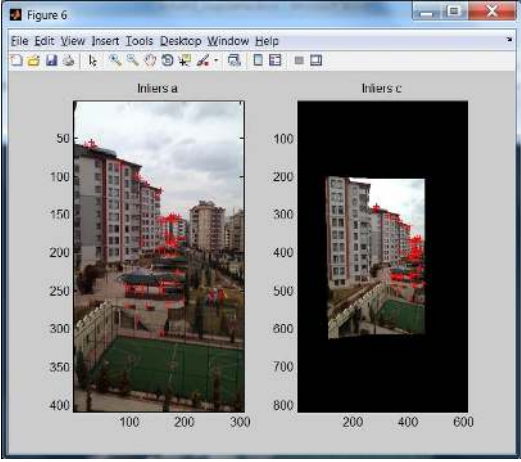
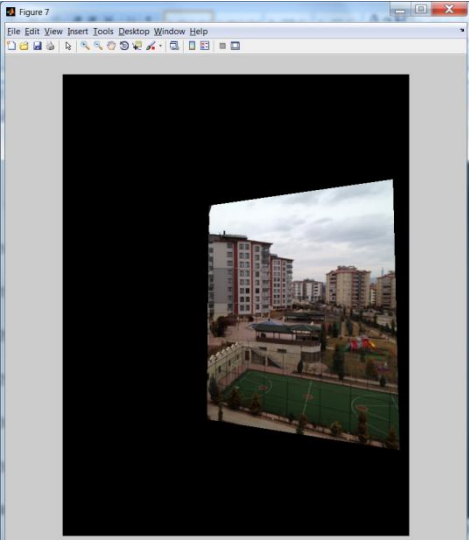
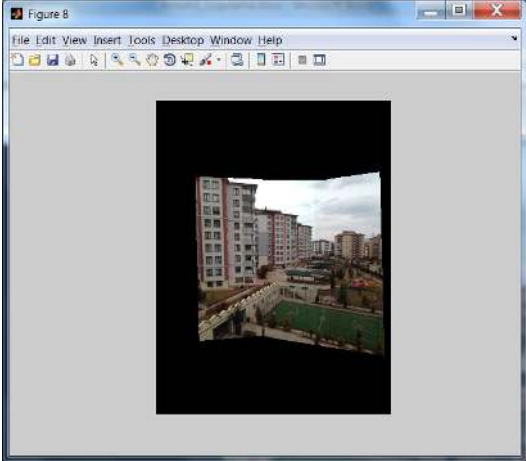


Şekil 2.11. Harris algoritması uygulanacak görüntüler-2

Tablo 2.2. Harris Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi-2

Uygulama Adımları	Uygulama Adımları
	
Figure 1’de görüldüğü gibi; bu aşamada a ve b görüntüleri üzerinde özellik noktalarının tespiti için ilk önce Harris Algoritması kullanılmıştır. Harris algoritmasıyla a ve b görüntüleri arasındaki anahtar noktalar (köşe, kenar noktalar) tespit edilmiştir. Bu işlem için geçen süre: 1.92 msn’dir.	Figure 2’de görüldüğü gibi uygulamamızı gerçekleştirirken belirlenen eşik değerine göre, eşik değerinin altında kalan anahtar noktalar yani kaliteli olmayan anahtar noktalar silinir. Bu işlem için geçen süre: 1.63 msn’dir.
	
Figure 3’de ise RANSAC algoritması uygulanarak aykırı nokta tespiti yapılan görüntü elde edilmiştir. İki görüntü üzerindeki anahtar noktalar tespit edildikten sonra görüntüler KNN sınıflandırma algoritması kullanılarak eşleştirilir ve RANSAC algoritmasıyla aykırı noktalardan kurtarılır Bu işlem için geçen süre: 0.33 msn’dir.	Figure 4’ de oluşturulacak mozaik görüntü için seçilen taban resim gösterilmektedir. Bir sonraki adımda warping işlemi yapılırken bu taban resmi kullanılacaktır. Bu işlem için geçen süre: 1.52 msn’dir.

Tablo 2.2'nin devamı

	
Figure 4’de gösterilen taban görüntü kullanılarak ikinci görüntü ile warping işlemine tabi tutulur. Warping işleminde görüntüler üzerinde örtüşen noktalara göre diğer görüntüler koordinat düzleminde döndürme işlemi uygulanır. Daha sonra da görüntüler birleştirilir ve Figure 5 de görülen görüntü elde edilir. Bu işlem için geçen süre: 2.58 msn’dir.	Figure 5’de warping işlemi uygulanır. Daha sonra 2 görüntü birleştirilerek elde edilen görüntü ile üçüncü görüntü için Harris algoritması uygulanır. Böylelikle Figure 6’da görüldüğü gibi iki görüntü arasında yeni anahtar noktalar tespit edilir. Bu işlem için geçen süre: 2.30 msn’dir.
	
Figure 7’ de mozaik’in yeni taban resmi gösterilmektedir. Bu işlem için geçen süre: 2.37 msn’dir.	Figure 8’ de warping ve blending işlemleri ile farklı açılardan çekilen üç görüntünün görüntü mozaikleme ile birleştirilmiş görüntüsü gösterilmektedir. Bu işlem için geçen süre: 0.37 msn’dir.

Şekil 2.12'deki görüntüler kullanılarak birleştirilmiş tüm bir görüntü elde etmek için gerçekleştirmiş olduğumuz görüntü mozaikleme uygulaması kullanılmıştır. Tablo 2.3'de giriş olarak Şekil 2.12'deki görüntüler alınarak, bu görüntüler üzerinde görüntü mozaikleme işleminin gerçekleştirme aşamaları ve bu aşamalarda elde edilen çıkışlar incelenmiştir. Şekil 2.12'deki görüntüleri birleştirmek için gerçekleştirilen görüntü mozaikleme uygulamasında, özellik nokta tespiti için SIFT algoritması kullanılmıştır.



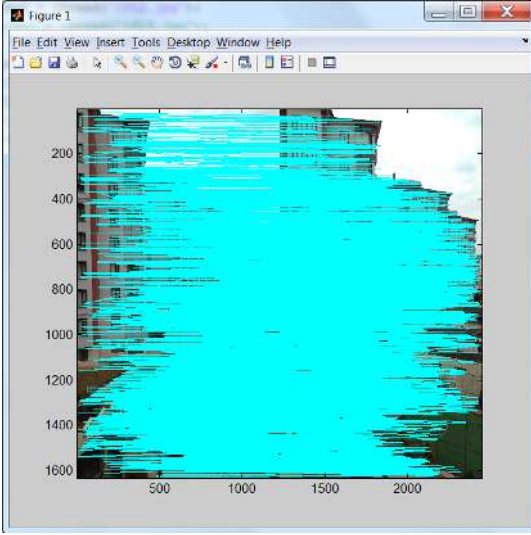
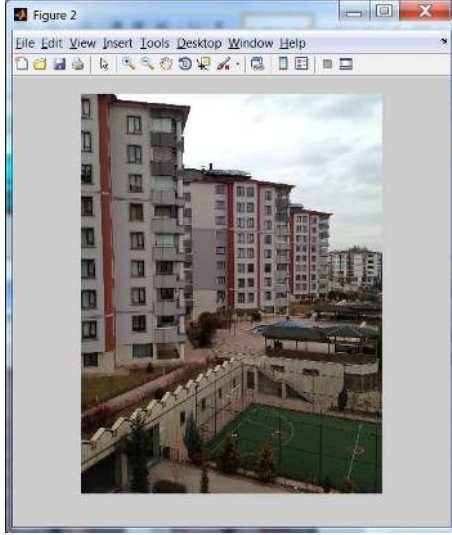
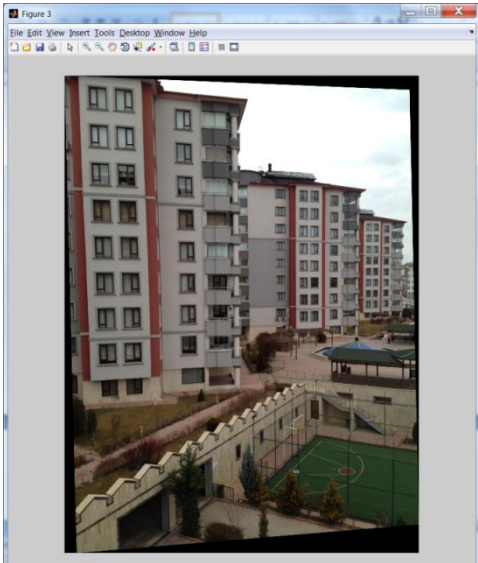
Şekil 2.12. SIFT algoritması uygulanacak görüntüler

Şekil 2.13'deki görüntüler kullanılarak birleştirilmiş tüm bir görüntü elde etmek için gerçekleştirmiş olduğumuz görüntü mozaikleme uygulaması kullanılmıştır. Tablo 2.4'de giriş olarak Şekil 2.13'deki görüntüler alınarak, bu görüntüler üzerinde görüntü mozaikleme işleminin gerçekleştirme aşamaları ve bu aşamalarda elde edilen çıkışlar incelenmiştir. Şekil 2.13'deki görüntüleri birleştirmek için gerçekleştirilen görüntü mozaikleme uygulamasında, özellik nokta tespiti için SIFT algoritması kullanılmıştır.

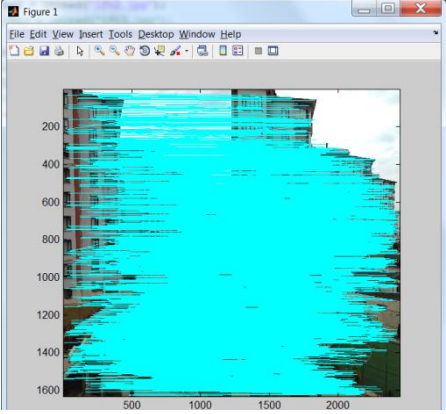
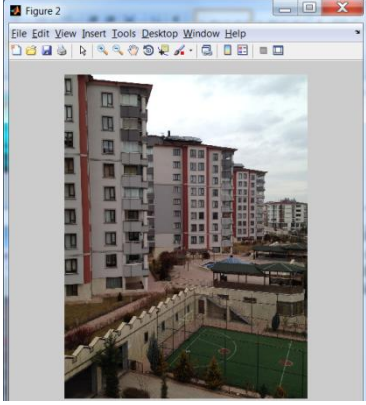
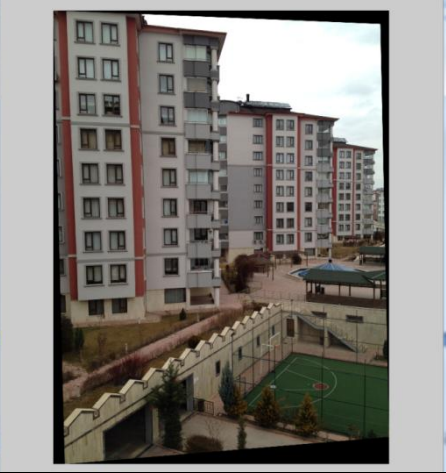
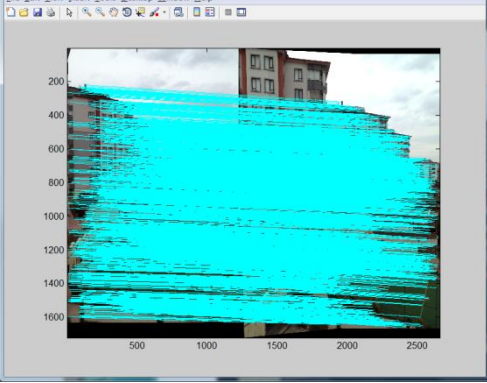


Şekil 2.13. SIFT algoritması uygulanacak görüntüler-2

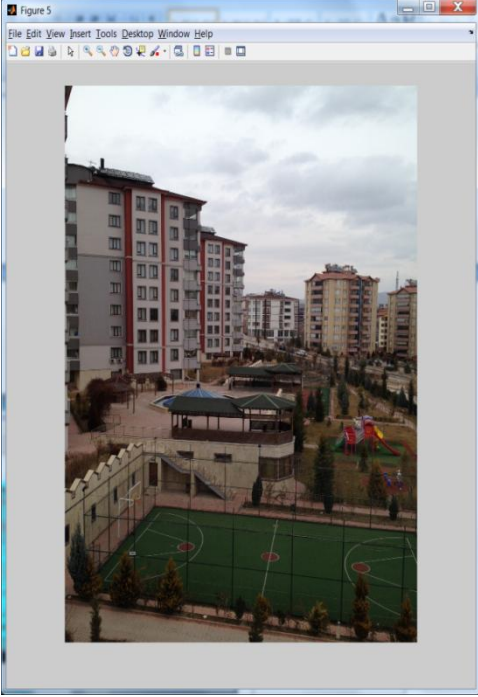
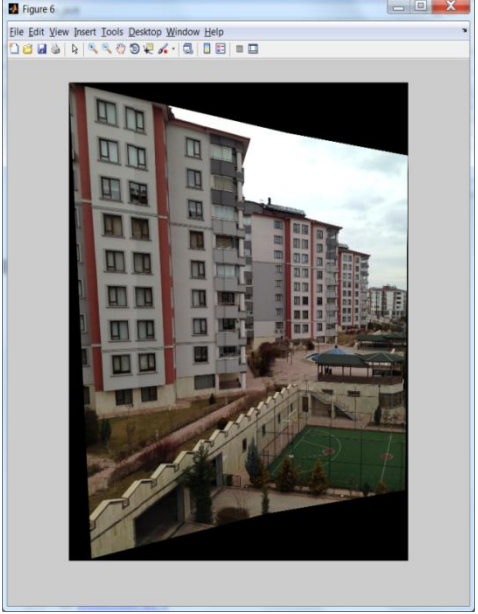
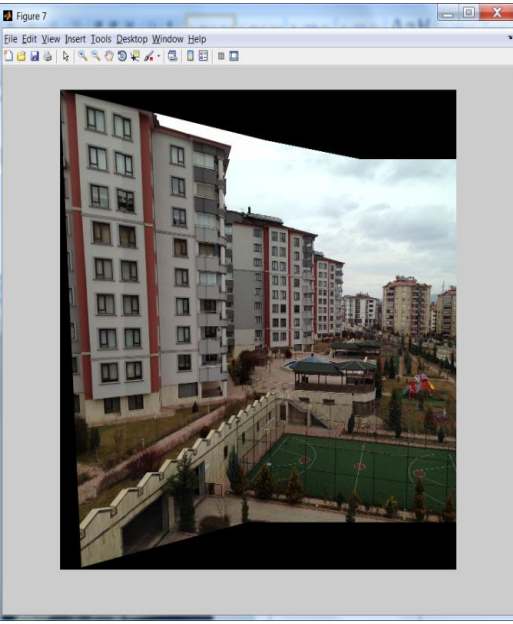
Tablo 2.3. SIFT Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi -1

Uygulama Adımları	Uygulama Adımları
 Figure 1’de görüldüğü gibi; bu aşamada görüntü mozaikleme işlemi uygulanacak görüntüler üzerinde özellik noktalarının tespiti için ilk önce SIFT Algoritması kullanılmıştır. SIFT algoritmasıyla birleştirilecek görüntüler arasındaki anahtar noktalar (köşe, kenar noktalar) tespit edilmiştir. Bu işlem için geçen süre: 55.05 msn’dır.	 Figure 2’ de mozaiği oluşturan taban görüntüsü gösterilmektedir.
	Figure 2’de gösterilen taban görüntü kullanılarak ikinci görüntü ile warping işlemine tabi tutulur. Warping işleminde görüntüler üzerinde örtüşen noktalara göre diğer görüntüler koordinat düzleminde döndürme işlemi uygulanır. Daha sonra da blending işlemi uygulanarak görüntüler birleştirilir ve Figure 3’de görülen görüntü elde edilir. Bu işlemler için geçen süreler: RANSAC işlemi 2.82 msn Renk Uyum Ayarları 0.18msn Warping işlemi 0.02 msn

Tablo 2.4. SIFT Algoritması kullanılarak gerçekleştirilen görüntü mozaikleme işlemi -2

Uygulama Adımları	Uygulama Adımları
 Figure 1’de görüldüğü gibi; bu aşamada görüntü mozaikleme işlemi uygulanacak görüntüler üzerinde özellik noktalarının tespiti için SIFT algoritması kullanılmıştır. SIFT algoritmasıyla anahtar noktalar tespit edilmiştir. Bu işlem için geçen süre: 55.05 msn’dir.	 Figure 2’ de mozaiği oluşturan taban görüntüsü gösterilmektedir.
 Uygulamanın bu adımında ise ilk önce RANSAC algoritması uygulanarak aykırı nokta tespiti yapılmıştır. Daha sonra da Figure 2’de gösterilen taban görüntü kullanılarak ikinci görüntü ile warping işlemine tabi tutulur. Warping işleminde görüntüler üzerinde örtüşen noktalara göre diğer görüntüler koordinat düzleminde döndürme işlemi uygulanır. Daha sonra da görüntüler blending işlemiyle birleştirilir ve Figure 3 de görülen görüntü elde edilir. Bu işlemler için geçen süreler: RANSAC; 2.82 msn, Warping; 0.028 msn’dir	 Figure 3’de warping işlemi uygulanır. Daha sonra 2 görüntü birleştirilerek elde edilen görüntü ile üçüncü görüntü için SIFT algoritması uygulanır. Böylelikle Figure 4’de görüldüğü gibi iki görüntü arasında yeni anahtar noktalar tespit edilir. Bu işlem için geçen süre: 65.73 msn’dir

Tablo 2.4.' ün devamı;

	
Figure 5' de mozaikinin yeni taban görüntüsü gösterilmektedir.	Figure 6'da ise RANSAC algoritması uygulanarak aykırı nokta tespiti yapılan görüntü elde edilmiştir. Bu işlemler için geçen süreler: RANSAC işlemi 3.69 msn Renk Ayarları 0.15 msn'dir.
	Figure 7' de warping ve blending işlemleri ile farklı açılardan çekilen üç görüntünün görüntü mozaikleme ile birleştirilmiş görüntüsü gösterilmektedir. Bu işlem için geçen süre: 0.04 msn'dir

Tablo 2.5’ de SIFT ve Harris Algoritmalarının farklı görüntü sayıları için işlem maliyetleri verilmiştir.

Tablo 2.5. SIFT Algoritması ile Harris algoritmasının süre bakımından karşılaştırılması

Algoritma	İşlem sayısı	Toplam İşlem Maliyeti (msn)
SIFT Algoritması	2 görüntü	57.20
SIFT Algoritması	3 görüntü	125.59
Harris Algoritması	2 görüntü	8.32
Harris Algoritması	3 görüntü	17.75

Tablo 2.5’de görüldüğü gibi görüntü mozaikleme işleminde, özellik noktalarının tespiti adımı Harris algoritmasının kullanılması, SIFT algoritmasının kullanılmasına göre işlem maliyetini oldukça düşürmektedir. Bu nedenle görüntü mozaikleme işleminde, işlem süresinin önemli olduğu uygulamalarda Harris algoritmasının kullanılmasının daha uygun olacağı tespit edilmiştir.

2.6. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde literatürde bulunan görüntü mozaikleme adımları incelenmiş ve görüntü mozaikleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirdiğimiz uygulamalarda MATLAB programı kullanılmıştır. Uygulamada giriş görüntü sayıları farklı alınarak ve görüntü mozaikleme işlemindeki özellik noktalarının tespiti adımı SIFT ve Harris algoritmaları kullanılarak çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır.

Uygulamalar sonucunda elde edilen görüntüler kıyaslandığında ise SIFT algoritması ile elde edilen görüntünün çözünürlüğü, Harris algoritması ile elde edilen görüntünün çözünürlüğünden daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Görüntü mozaikleme işleminde sürenin önemli olduğu uygulamalarda Harris algoritmasının, elde edilen görüntünün kalitesinin önemli olduğu uygulamalarda SIFT algoritmasının kullanılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Uygulamaların yapıldığı cihazın özellikleri Intel(R) Core(TM) 2 CPU, T9300, 2.5 GHz, 3 GB RAM ve 32 bit işletim sistemine sahiptir. Yapılan uygulamalar göz önüne alındığında Harris algoritmasının çıkış görüntüsü tolere edilebilecek bir değere sahip olduğundan, gerçekleştirilecek çalışmalarda Harris algoritması işlem maliyeti bakımından tercih edilebilir.

3. ADAPTİF GÖRÜNTÜ MOZAIKLEME ALGORİTMASI

Tezin bu bölümünde görüntü mozaikleme işlemi için Genetik algoritmalar kullanılarak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen optimizasyon işlemleri sonucunda çeşitli parametreler için optimum değerler bulunmaya çalışılmıştır. Görüntü mozaikleme işlemi gerçekleştirilirken optimizasyon sonucu elde edilen parametre değerleri kullanılmıştır ve her parametre değeri için yeni birleştirilmiş görüntü elde edilerek gerekli karşılaştırma işlemleri yapılmıştır. En iyi birleştirilmiş görüntüyü elde etmemizi sağlayan parametre değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Gerçekleştirdiğimiz optimizasyon algoritması sonucu elde edilen 3 farklı parametreyi kullandığımız görüntü mozaikleme aşamaları şu şekildedir;

- Özellik çıkarımı
- Anahtar noktaların birleştirilmesi
- Eşleşmiş anahtar noktalar ile homografi tahmini

Gerçekleştirmiş olduğumuz optimizasyon algoritması sonucunda elde etmiş olduğumuz parametreler; literatürde incelemiş olduğumuz görüntü mozaikleme uygulamalarında rastgele kullanıcı tarafından seçilmiştir [58,59,60]. Bu parametrelerin kullanıcı tarafından rastgele seçilmiş olması, görüntü mozaikleme işlemi sonucunda elde edilen birleştirilmiş görüntülerde çoğu zaman iyi sonuç elde edilmesine engel oluşturmaktadır.

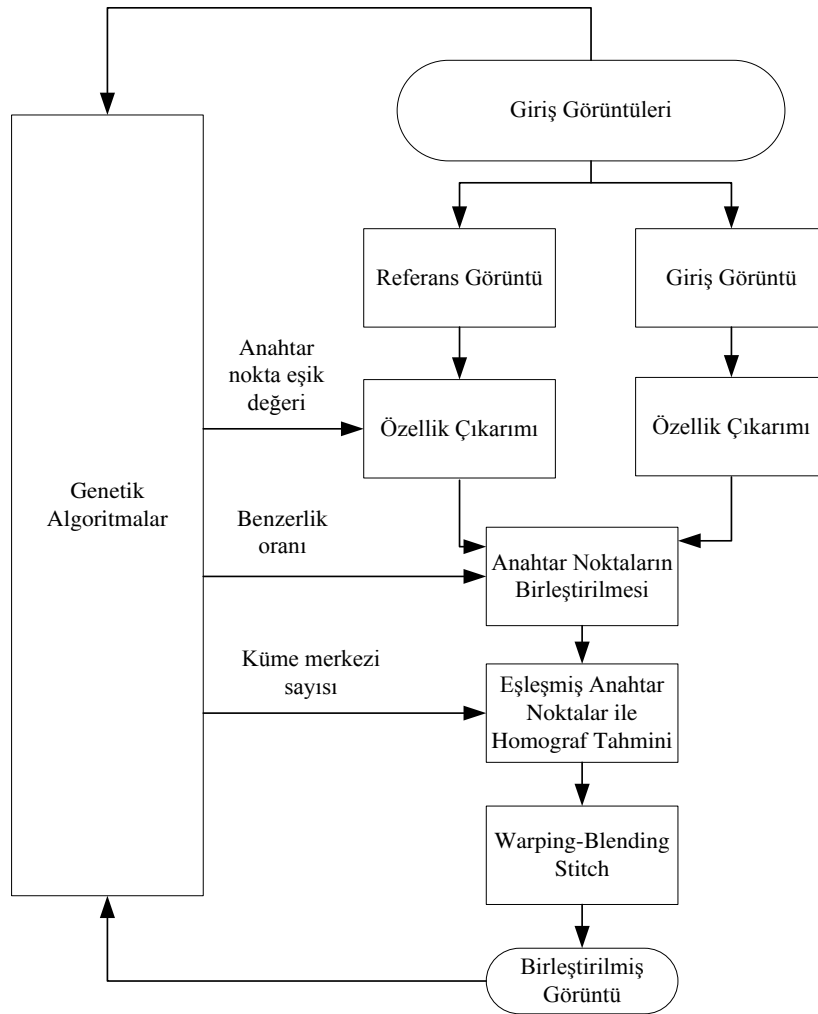
Görüntü mozaikleme işleminde en temel amaç; tek bir görüntüye sığmayacak kadar büyük alanların parça parça alınmış görüntüleri kullanılarak, görüntü çözünürlüğü iyi olan ve gerçek görüntüyü en kaliteli şekilde temsil edecek tek bir görüntü elde etmektir [60,61]. Bu nedenle görüntüleri birleştirmek için görüntü mozaikleme işlemi gerçekleştirilirken, gerekli parametrelerin kullanıcı tarafından rastgele veya deneme yanılma yöntemiyle seçilmesi çok da uygun bir yöntem değildir.

Bu bölümde, geliştirmiş olduğumuz optimizasyon algoritmasıyla, gerekli parametrelerin seçiminde kullanıcıdan bağımsız olarak en uygun değerler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bir den fazla görüntü üzerinde optimizasyon algoritması ve görüntü mozaikleme algoritması çalıştırılarak elde edilen birleştirilmiş görüntülerin karşılaştırmaları yapılmıştır ve sonuçlar tablo şeklinde detaylı olarak verilmiştir.

3.1. Önerilen Yöntem

Ortak ya da çakışan noktaları bulunan n tane görüntü için görüntü mozaikleme işlemi uygulanırken, bu görüntüler giriş olarak alınır ve ilk olarak birleştirilecek görüntüler için özellik çıkarımı yani anahtar noktaların tespiti gerçekleştirilir. Görüntüler üzerinde özellik çıkarımı yapıldıktan sonra görüntüler üzerinde elde edilen anahtar noktalar birleştirilir. Anahtar noktalar birleştirildikten sonra da eşleşmiş noktalar ile homografi tahmini yapılır ve warping, blending işlemi uygulanarak n tane görüntünün birleştirilmesiyle elde edilen tek bir bütün görüntü elde edilmiş olunur [62].

Uygulamamızda görüntü mozaikleme işlemini gerçekleştirirken kullanmış olduğumuz adaptif görüntü mozaikleme algoritmasının akış diyagramı şu şekildedir;



Şekil 3.1. Adaptif görüntü mozaikleme algoritması

Gerçekleştirmiş olduğumuz adaptif görüntü mozaikleme algoritmasında ortak ya da çakışan noktaları bulunan görüntüler giriş olarak alınır ve ilk olarak özellik çıkarımı işlemine tabi tutulur. Özellik çıkarımı aşamasında birleştirilecek görüntüler üzerindeki tüm noktalar kullanılarak bu noktalar içerisindeki köşe, kenar noktaları gibi özellikli noktaların tespiti yapılır. Bu adımda literatürde yaygın olarak kullanılan SIFT algoritması kullanılmıştır [63]. SIFT algoritması gerçekleştirilirken görüntüler üzerindeki noktalar içerisinde köşe, kenar gibi anahtar noktaların tespiti gerçekleştirilirken belirli bir eşik değeri kullanılır. Belirlenen eşik değerin üstündeki değere sahip olan noktalar anahtar nokta olarak tespit edilir.

Anahtar noktaların seçimi gerçekleştirilirken eşik değerin seçimi çok önemlidir. Eşik değerin çok küçük seçilmesi gereksiz anahtar nokta seçimine sebep olurken çok büyük seçilmesi ise değerli anahtar noktalarının kaybedilmesine neden olabilir. Bu nedenle eşik değerin optimum bir değer olarak seçilmesi görüntü mozaikleme algoritması için kritik ve önemlidir. Bu nedenle anahtar noktaların tespiti için kullanılacak eşik değerinin tespiti için Genetik algoritmalar kullanılarak optimum eşik değeri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Birleştirilecek görüntüler üzerindeki anahtar noktaların tespiti için kullanılan eşik değeri Şekil 3.1’de vermiş olduğumuz algoritma aşamalarında görüldüğü gibi Genetik algoritma kullanarak gerçekleştirdiğimiz adaptif optimizasyon algoritması sonucunda elde edilmiştir.

Anahtar noktaların tespiti gerçekleştirildikten sonra, birleştirilecek görüntüler arasındaki benzer anahtar noktaların birleştirilmesi işlemi gerçekleştirilir. Benzer anahtar noktaları birleştirilirken anahtar noktalar arasında benzerlik oranı kullanılır. Kullanılan bu benzerlik oranının seçimi algoritmanın doğru çalışması için önemlidir. Benzerlik oranının çok küçük seçilmesi düzgün birleştirilmiş görüntüyü elde etmemize engel olacak anahtar noktaların gereksiz olarak birleştirilmesine neden olacaktır. Benzerlik oranının çok büyük seçilmesi ise gerekli benzer anahtar noktaların elenmesine neden olacağından benzerlik oranının seçimi kriterdir. Bu nedenle adaptif optimizasyon algoritması kullanılarak optimum benzerlik oranı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Görüntüler üzerindeki anahtar noktalar birleştirildikten sonra eşleşmiş anahtar noktalar ile homografi tahmini adımı gerçekleştirilir. İlk önce benzer anahtar noktaların sınıflandırılması için sınıflandırma algoritmalarından yaygın olarak kullanılan K-NN algoritması kullanılır. K-NN algoritmasında örnek kümedeki noktaların her birinin,

sonradan belirlenen bir nokta değerine olan uzaklığı hesaplanır ve en küçük uzaklığa sahip k sayıda nokta elde edilir. K-NN algoritmasında kullanılan k değeri kullanıcı tarafından rastgele belirlenen küme merkezi sayısıdır. K-NN algoritmasındaki performansı etkileyen en önemli parametrelerden biri küme merkezi sayısıdır. Bu nedenle küme merkez sayısının belirlenmesi için de adaptif optimizasyon algoritması kullanılmıştır. K-NN algoritması kullanılarak benzer anahtar noktaları sınıflandırdıktan sonra aykırı noktaların tespiti için RANSAC algoritması gerçekleştirilir.

RANSAC algoritması, aykırı değerler içeren veri kümesi üzerinde yinelemeli olarak en uygun model parametrelerini kullanarak veri kümesi içerisindeki aykırı değerleri tespit eder. Veri kümesi içerisindeki aykırı değerler, değerler oluştururken meydana gelen yüksek gürültü etkilerinden veya ölçüm hatalarından kaynaklanmaktadır. Veri kümesi içerisinde aykırı değerlerin bulunması elde etmek istediğimiz sağlıklı veri kümesine engel oluşturacaktır. Bu nedenle RANSAC algoritması kullanılarak veri kümesi içerisindeki model parametrelerine aykırı olan değerler tespit edilir.

Görüntü birleştirme algoritması gerçekleştirilirken, anahtar noktalar K-NN algoritmasıyla sınıflandırıldıktan sonra; veri kümesinin aykırı verilerden etkilenmemesi, aykırı verileri sınıflandırmaya dahil edilmemesi avantajlı bir özelliktir. Bu sayede aykırı verilerden arındırılmış anahtar nokta sınıfları ile homografi tahmini yapılır.

İki görüntü ancak ve ancak aynı düzlemde farklı açılar ile görüntüleniyorsa, her iki resim aynı kamera fakat farklı açılar ile çekilmişse homografi tahmini ile ilişkilendirilebilirler. Aykırı örneklerden arındırılmış görüntü matrisleri üzerinde yapılan homografi tahminin kullanılması ve benzer sahnelerin karşılaştırılması aşamasıdır. Görüntülerin bu benzer sahnelerinin karşılaştırılması için gerekli uzaysal dönüşüm, bulunan homografi matrisinin bütün piksellere uygulanması ile yapılır.

Algoritmanın son adımında ise Warping ve Blending işlemi gerçekleştirilir. Warping işlemiyle birleştirilecek görüntülerden biri taban (referans) görüntü olarak seçilir ve görüntüler üzerinde örtüşen noktalara göre diğer görüntülere koordinat düzleminde döndürme işlemi uygulanır. Döndürme işlemi gerçekleştirildikten sonra görüntüler birleştirilir.

Warping işlemiyle çakışan kısımları bulunan görüntüler birleştirildikten sonra, görüntülerin karşılaştırılıp birleştirilen kısımlarındaki birleştirme işleminin belli olmaması için, çakışan kısımlardaki pikseller üzerine blending işlemi uygulanır. Bu işlem sonucunda örtüşen ya da çakışan noktaları birleştirilen görüntülerin örtüşen noktalarındaki gözle

görülebcek hataları en aza indirgenmiş olur. Blending işleminden sonra da stitch (dikiş) işlemi gerçekleştirilerek birleştirilecek görüntüler bir bütün hale getirilir ve elde edilmek istenen birleştirilmiş görüntüye ulaşılır.

Anahtar nokta eşik değeri, benzerlik oranı ve küme merkezi sayısı optimizasyonu için gerçekleştirilen genetik algoritmanın algoritmik adımları ve uygulamamızdaki genel yapısı aşağıda verilmiştir.

Genetik algoritma için literatürde genel olarak kullanılan algoritmik adımlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Rastlantısal bir şekilde ikili sayı düzeni ile ilk kromozom oluşturulur.
2. İlk adımda oluşturulan kromozomların uygunluk değeri hesaplanır.
3. Çözüm için uygunluk değerine göre belirli oranda eleman seçilir.
4. Seçilen bu kromozomlara çaprazlama işlemi uygulanır.
5. Çaprazlama işleminden sonra elde edilen kromozomlara mutasyon işlemi uygulanır.
6. Daha sonra elde edilen yeni kromozom elemanlarının uygunluk değerleri bulunur.
7. Maksimum işlem sayısına kadar 2. adımdan itibaren işlemler tekrar edilir.

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında oluşturulan optimizasyon modülü için kullanılan Genetik algoritma adımları ise şu şekildedir;

1. Genetik algoritmanın bu adımında da rastsal olarak kromozom dizileri oluşturulmuştur. Başlangıç çözüm kümesini oluşturan bu kromozom diziler ikilik sayı düzeninde kodlanmıştır ve yapısı şu şekildedir;

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \underbrace{\hspace{1.5cm}} & \underbrace{\hspace{1.5cm}} & \underbrace{\hspace{1.5cm}} \\ A & B & K \end{array}$$

Kromozom toplam 11 bitten oluşmaktadır. Kromozomu oluşturan ilk 3 biti küme merkez sayısının (K) tespiti için, ikinci 4 biti benzerlik oranı (B) için, üçüncü 4 biti ise anahtar nokta eşik değeri (A) için ayrılmıştır.

2. Algoritmanın bu adımında başlangıç çözüm kümesinde üretilmiş olan kromozomlardan anahtar nokta eşik değerini ve benzerlik oranını temsil eden bitler için uygunluk değeri 3.1’de verilen doğrusal eşleşik denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Küme merkezi sayısını temsil eden bitler için ise, uygunluk değeri 3.2’de verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$X_{i+1} = (aX_i + c) \bmod m \text{ ve } R_i = \frac{X_i}{m} \quad i = 0,1,2 \dots \quad (3.1)$$

$X_0 = 27$, $a = 17$, $c = 43$ ve 0-1 arasında değerler üretmek istediğimiz için $m = 100$ olarak seçilmiştir. R_i uygunluk değerini temsil etmektedir.

$$X_{i+1} = (aX_i + c) \bmod m \quad i = 0,1,2 \dots \quad (3.2)$$

$X_0 = 27$, $a = 17$, $c = 43$ ve 0-7 arasında değerler üretmek istediğimiz için $m = 7$ olarak seçilmiştir. X_{i+1} uygunluk değerini temsil etmektedir.

Uygunluk değeri hesaplanan kromozomların içerisindeki bit grupları ise sıralama fonksiyonuna gönderilerek küçükten büyüğe doğru sıralanır.

3. Sıralama fonksiyonundan dönen kromozomlar içerisindeki bit gruplarından en iyi uygunluğa sahip bireyler seçilir. Genetik algoritmanın seçim işlemi için çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Gerçekleştirilen uygulamada elitist yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu yaklaşıma bağlı olarak en iyi uygunluğa sahip kromozom bitleri seçilerek kendi grupları içerisinde çaprazlanmak üzere çaprazlama fonksiyonuna gönderilir.
4. Çaprazlama işleminde elitist yaklaşıma göre elde edilen 2 kromozom arasında, her grup kendi içerisinde olmak üzere gen değişimi yapılmaktadır. Gen değişimi işlemi tek noktalı olarak gerçekleştirilmiştir ve gruplar arasında kaçınıcı bitten itibaren değişim yapılacağı rastgele belirlenmiştir.
5. Gerçekleştirilen çaprazlama işleminden sonra oluşturulan çocuk kromozomlar mutasyona işlemine tabi tutulur. Yapılan mutasyon işleminde çocuk bireylerin bitleri rastgele olacak şekilde 1 ise 0, 0 ise 1 yapılmaktadır. Hangi bitin değişeceği ise random olarak seçilmekte ve işlemler bu doğrultuda gerçekleştirilmektedir.
6. Genetik algortmada, mutasyon işleminden sonra 3.1 ve 3.2 denklemleri kullanılarak mutasyon sonucu elde edilmiş çocuk bireylerin uygunluk değerleri hesaplanır. Gerçekleştirmiş olduğumuz uygulamada elde edilen uygunluk değeri mevcut uygun değerler içerisindeki en kötü değerden daha iyi ise başlangıçta oluşturulmuş kromozomlar ile yeni elde edilmiş olan çocuk bireyler yer değiştirir. Ters bir durumda ise yer değiştirme gerçekleştirilmeyerek bir sonraki adıma geçilir.
7. Belirtilen iterasyon sayısı tamamlanıncaya kadar algoritma ikinci adımdan itibaren tekrar edilir.

3.2. Deneysel Sonuçlar

Genetik algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilen adaptif optimizasyon algoritması sonucu elde edilen anahtar nokta eşik değeri (A), benzerlik oranı (B) ve küme merkez sayısı (K) değerler kullanılarak, birleştirilecek görüntüler üzerinde görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilmiştir.

Görüntü mozaikleme algoritması uygulanmak üzere seçilen, ortak veya çakışan noktaları bulunan görüntüler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Görüntü mozaikleme algoritması uygulanırken genetik algoritmalar yardımıyla elde edilen birbirinden farklı A,B,K değerleri kullanılmıştır ve sonuçta elde edilen birleştirilmiş görüntüler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçları Tablo 3.2’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 3.2’de elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak bizi en iyi çözüme götürecek değerler saptanmıştır ve bu değerler kullanılarak elde edilen birleştirilmiş görüntüler Tablo 3.3’de detaylı olarak verilmiştir.

Genetik algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilen adaptif optimizasyon algoritması ile elde edilen ve Tablo 3.2’de kullanılan parametreler şu şekildedir;

- A: Anahtar nokta eşik değeri,
- B: Benzerlik oranı,
- K: Küme merkezi sayısı,
- S: Standart,
- S+: Standart üstü,
- S-: Standart altı.

Standart için belirlenen optimum değerler şu şekildedir; BS=0.6, KS=5, AS=0.85’dir

Doğruluk oranı için belirlenen sayısal aralıklar şu şekildedir;

- Çok iyi: % 90 - % 95
- İyi: % 80 - % 90
- Normal: % 70 - % 80
- Kötü: % 55 - % 70
- Çok Kötü: % 40 - % 55

Uygulamaların yapıldığı cihazın özellikleri; Intel(R) Core(TM) 2 CPU, 2 GHz, 4 GB RAM, 512 GPU ve 32 bit işletim sistemine sahiptir.

Tablo 3.1 Görüntü mozaikleme uygulanacak görüntüler

İki Görüntü			
			
Görüntü1.jpg 1433x1917 733KB	Görüntü2.jpg 1639x1919 777KB		
Üç Görüntü			
			
Görüntü1.jpg 1929x1285 633 KB	Görüntü2.jpg 1653x1541 626 KB	Görüntü3.jpg 2559x1279 985 KB	
Dört Görüntü			
			
Görüntü1.jpg 897x1685 439KB	Görüntü2.jpg 701x1735 315 KB	Görüntü3.jpg 749x1719 314 KB	Görüntü4.jpg 1835x1405 626 KB

Tablo 3.2 Uygulama Sonuçları

A	B	K	İki Görüntü		Üç Görüntü		Dört Görüntü	
			Birleşme Süresi(sn)	Doğruluk Oranı	Birleşme Süresi(sn)	Doğruluk Oranı	Birleşme Süresi(sn)	Doğruluk Oranı
AS	BS	KS	60.789117	Normal	142.710512	Normal	182.704720	Normal
AS	BS	KS+	61.818678	İyi	144.134288	İyi	190.317249	İyi
AS	BS	KS-	62.419345	Normal	138.784852	Normal	180.940426	Normal
AS	BS+	KS	60.554193	İyi	145.874071	İyi	172.116017	Kötü
AS	BS+	KS+	61.862601	İyi	146.855201	İyi	193.580582	Kötü
AS	BS+	KS-	60.263055	Normal	152.121135	Normal	167.748205	Çok Kötü
AS	BS-	KS	60.730591	Normal	145.871044	Normal	182.216858	Normal
AS	BS-	KS+	61.771010	İyi	141.944694	İyi	183.951291	Normal
AS	BS-	KS-	60.252165	Normal	138.33846	Normal	181.043506	Kötü
AS+	BS	KS	113.209623	İyi	228.952619	İyi	285.594708	İyi
AS+	BS	KS+	106.931535	Çok İyi	245.483711	Çok İyi	302.061356	Çok İyi
AS+	BS	KS-	110.864857	Normal	233.410506	Normal	294.764491	Normal
AS+	BS+	KS	123.248236	Çok İyi	221.625306	Çok İyi	410.958233	İyi
AS+	BS+	KS+	104.018240	Çok İyi	225.748051	Çok İyi	424.832691	Çok Kötü
AS+	BS+	KS-	106.367515	İyi	225.239967	İyi	274.561592	İyi
AS+	BS-	KS	107.818248	Normal	219.519540	Normal	278.687264	Normal
AS+	BS-	KS+	103.897066	İyi	228.982758	İyi	283.457248	İyi
AS+	BS-	KS-	90.555601	Normal	223.324417	Normal	282.485357	Normal
AS-	BS	KS	45.137892	Kötü	104.217249	Kötü	131.909195	Kötü
AS-	BS	KS+	46.122563	Normal	107.29433	Normal	135.039282	Normal
AS-	BS	KS-	44.845548	Normal	99.240927	Kötü	132.952769	Kötü
AS-	BS+	KS	44.354803	Normal	100.431915	Normal	132.270389	Normal
AS-	BS+	KS+	46.067452	İyi	108.192109	İyi	127.001600	Çok Kötü
AS-	BS+	KS-	44.50789	Kötü	99.49399	Kötü	124.586723	Çok Kötü
AS-	BS-	KS	45.064638	Normal	100.581956	Normal	133.233517	Normal
AS-	BS-	KS+	47.036512	Kötü	102.212342	Kötü	133.125334	Normal
AS-	BS-	KS-	44.320554	Kötü	103.204130	Normal	138.970562	Kötü

Genetik algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilen adaptif optimizasyonu sonucu elde edilen A,B ve K parametreleri kullanılarak Tablo 3.1’de verilen görüntülerin birleştirilmesi için görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilmiştir. Çeşitli A,B,K değerleri için elde edilen birleştirilmiş görüntüler ve algoritmanın sonuç performansının karşılaştırılması Tablo 3.2’de verilmiştir. Bu tablo sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Genetik algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilen adaptif optimizasyonu sonucu elde edilen A,B ve K parametreleriyle görüntü mozaikleme algoritması uygulanırken yüksek çözünürlüğe sahip ideal resimler kullanılarak test işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Giriş görüntülerinin çözünürlüğü ne kadar yüksek olursa anahtar nokta sayısı buna paralel olarak artmaktadır. Anahtar nokta sayısının çok olması olumsuz etkileri ortadan kaldırmaktadır. Fakat anahtar nokta sayısının düşmesi ve artması doğruluk oranını etkilese de, kabul edilemez sonuçlar doğurmasına neden olmamaktadır.

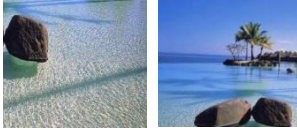
Benzerlik oranı, bir önceki adımda elde edilen anahtar noktaların eşleşmesi için gerekli ve önemli bir kriterdir. Görüntüler üzerindeki anahtar noktaların eşleşmesi için benzerlik oranı ne kadar yüksek seçilirse, görüntüler üzerinde o kadar birbirine benzer eşleşmeler elde edilir. Fakat bu durum ise, eşleşme sayısının düşük olmasına neden olur. Eşleşme sayısının düşük olması, benzer nokta örneklerinin sınıflandırılmasında ve birleştirme işleminde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Benzerlik oranının düşük tutulması yüksek çözünürlüklü resimlerde beklenen olumsuz etkiyi oluşturmaz, çünkü yüksek çözünürlüklü görüntülerde anahtar nokta sayısı çok fazladır ve yapılan yanlış eşleştirmeler, sınıflandırma işleminde diğer örneklerin yanında etkisini kaybetmektedir. Fakat düşük çözünürlüklü ve anahtar nokta sayısının az olduğu resimlerde benzerlik oranı kesinlikle çok önemli bir kriterdir.

Küme merkezi sayısı doğruluk oranını etkileyen önemli bir kriterdir. Eşleşmiş örnek anahtar nokta sayıları, dışarıdan girilen bu küme merkez sayısı adedi kadar sınıfa ayrılırlar, bu merkezler referans alınarak birleştirilirler. Küme merkezi sayısı, çok sayıda eşleşme var ise yüksek olarak seçilebilir, fakat eşleşme sayısı az ise küme merkezi sayısının çok olması, yanlış sınıflandırmaya neden olur ve doğruluk oranını olumsuz yönde etkiler.

Zaman ve doğruluk açısından en iyi çözüm aranırken, uygulama alanının kriterlerine göre değerlendirme yapılarak, bu parametreler şekillendirilebilirler. Görüldüğü gibi yüksek çözünürlüklü resimlerde örtüşen sahne büyüklüğü de fazla olunca, benzerlik oranı ve küme merkezi gibi kriterler çok farklı sonuçlar doğurmamaktadır.

Tablo 3.2’den elde edilen zaman ve doğruluk oranı kriterlerine göre, en iyi çözümleri elde etmemizi sağlayan parametre değerleri kullanılarak elde edilen birleştirilmiş görüntüler ve uygulama çıktıları Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3 İdeal Seçimler

Görüntüler	Parametre Seçimleri	Birleşme Süresi (sn)	Doğruluk Oranı	Birleşmiş Resim
	AS BS KS+	61.124478	İyi	
	AS+ BS KS+	106.008674	Çok İyi	
	AS- BS+ KS+	46.572443	İyi	
	AS BS KS+	144.087306	İyi	
	AS+ BS+ KS	221.839672	Çok İyi	
	AS- BS+ KS+	102.461844	İyi	
	AS BS KS+	186.277852	İyi	

Tablo 3.3'ün devamı;

	AS+ BS KS+	288.961114	Çok İyi	
	AS- BS+ KS	132.980537	Normal	

Bir diğer uygulama ise kamera ile çekilen bir video görüntüsünün framelerini kullanarak bu görüntülerin oluşturduğu mozaik görüntünün elde edilmesine yöneliktir. Tablo 3.4.'de 409 frameden oluşan bir video görüntüsü üzerinde uygulanan adaptif mozaikleme algoritmasının performansı verilmiştir. Video görüntüleri üzerinde adaptif mozaikleme algoritması performansı ölçülürken genetik algoritmalar ile elde edilen A, B ve K parametreleri de göz önünde bulundurulmuştur.

Video, belirli bir frekansa göre ardı ardına sıralanmış görüntülerin ekrana düşürülmesi sonucu oluşan görüntü dizileridir. Video, içerisinde görüntü sayısı bilgisini barındırır. Video framelerinin mozaikleme analizi gerçekleştirilirken, bu bilgi kullanılarak videoyu oluşturan görüntüler bir klasöre aktarılır.

Uygulama gerçekleştirilirken, klasöre aktarılan video görüntülerinin özellikleri öncelikle bir dizide tutulur. Alınan ilk iki görüntünün özellik çıkarımı yapılarak anahtar noktaları bulunur ve bu anahtar noktalar eşleştirilir. Belirlenen eşik değeri ile kıyaslanan eşleşme sayısı, yeterli ise birleştirme işlemini gerçekleştirmek üzere aykırı noktaların tespiti için eşleşmiş noktalara RANSAC algoritması uygulanır. Eğer referans görüntü ile giriş görüntüsü arasında yeterli eşleşme yok ise birleştirme gerçekleştirilmez ve birleştirilmeyen resim dizinin sonuna atılır. Çünkü videoda görüntüler belirli bir yönde ilerleyip tekrar başlangıç noktasına dönebilir. Bu da birleştirilmiş görüntü ile dizinin sonundaki görüntülerin tekrar ilişkilendirilmesine olanak tanır.

Tablo 3.4.'de ise 409 frameden oluşan bir video görüntüsü üzerinde uygulanan adaptif mozaikleme algoritmasının performansı verilmiştir. Video görüntüleri üzerinde adaptif mozaikleme algoritması performansı ölçülürken genetik algoritmalar ile elde edilen A,B ve K parametreleri de göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 3.4 Video Framelerinin Mozaikleme Analizi

Video	Alınan Frame / Toplam Frame	Parametre Seçimleri	Birleştirilen Frame/ Alınan Frame	Birleşme süresi (sn)	Birleştirilmiş Resim
Video.avi 640x480 3.64 MB	51/409	AS+ BS KS	42/51	468.19176	
Video.avi 640x480 3.64 MB	51/409	AS+ BS KS+	43/51	512.93154	
Video.avi 640x480 3.64 MB	51/409	AS+ BS+ KS	40/51	441.23780	
Video.avi 640x480 3.64 MB	51/409	AS BS+ KS+	41/51	501.63257	
Video.avi 640x480 3.64 MB	51/409	AS BS+ KS-	41/51	453.87858	
Video.avi 640x480 3.64 MB	51/409	AS+ BS- KS+	42/51	500,05050	

Video framelerinin mozaikleme analizi gerçekleştirilirken, videodan alınan her görüntü için önce anahtar noktaların tespitinin ve eşleştirilmesinin yapılması, bu eşleşmeye göre birleştirilmesine karar vermesinin en büyük avantajı, birleştirilemeyecek görüntü olsa bile, sonraki sıralı görüntüler işleme tabi tutulabilecek ve birleştirilemeyen görüntüler de bir sonraki döngüde tekrar kontrol edilebilecek. Zamansal olarak maliyetli olsa da, doğru birleştirme için gerekli bir yapıdır. Uygulama alanına göre optimum çözüm aranırken bu kriterler göz önüne alınarak uygunluğuna karar verilir.

3.3. Bölüm Değerlendirmesi

Tez çalışmasının bu bölümünde genetik algoritmalar kullanılarak çakışan veya ortak noktaları bulunan görüntüler ve video frameleri üzerinde adaptif optimizasyon algoritması geliştirilmiştir. Gerçekleştirdiğimiz uygulamalarda MATLAB programı kullanılmıştır. Gerçekleştirmiş olduğumuz uygulamalarda; görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilirken özellik noktalarının tespiti adımı SIFT algoritması kullanılarak çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır.

Geliştirilen adaptif optimizasyon algoritması ile görüntü mozaikleme algoritmasının adımlarında kullanılan önemli parametrelerden üç tanesi için optimum değerler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu değerler; görüntü mozaikleme algoritmasının özellik çıkarımı aşamasında kullanılan anahtar küme eşik değeri (A), özellik çıkarımı gerçekleştirildikten sonra görüntüler arasındaki noktaların eşleştirilmesi aşamasında kullanılan benzerlik oranı (B) ve görüntüler üzerinde bulunan benzer noktaların sınıflandırılması aşamasında kullanılan küme merkezi (K) sayısıdır.

Bu çalışmada yüksek çözünürlüğe sahip ideal resimler ve video frameleri için görüntü mozaikleme uygulaması test edilmiştir. Görüntü mozaikleme uygulaması test edilirken geliştirilen adaptif optimizasyon algoritmasıyla elde edilen çeşitli A,B,K parametreleri kullanılmıştır ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekildedir;

- Giriş görüntülerinin çözünürlüğü ne kadar yüksek olursa anahtar nokta sayısı buna paralel olarak artmaktadır. Anahtar nokta sayısının çok olması olumsuz etkileri ortadan kaldırmaktadır. Fakat anahtar nokta sayısının düşmesi ve artması doğruluk oranını etkilese de, kabul edilemez sonuçlar doğurmasına neden olmamaktadır.

- Benzerlik oranı, anahtar noktaların eşleşmesi için önemli bir kriterdir. Yüksek çözünürlüklü görüntülerde benzerlik oranının düşük seçilmesi, yüksek çözünürlüklü resimlerde anahtar nokta sayısı çok fazla olduğu için olumsuz sonuç elde etmemize neden olmamaktadır. Fakat düşük çözünürlüklü görüntülerde anahtar nokta sayısı az olduğu için benzerlik oranının doğru seçimi kesinlikle çok önemli bir kriterdir.
- Küme merkezi sayısı doğruluk oranını etkileyen önemli bir kriterdir. Küme merkezi sayısı, çok sayıda eşleşme var ise yüksek olarak seçilebilir, fakat eşleşme sayısı az ise küme merkezi sayısının çok olması, yanlış sınıflandırmaya neden olur ve doğruluk oranını olumsuz yönde etkiler.

Zaman ve doğruluk açısından en iyi çözüm aranırken, uygulama alanının kriterlerine göre değerlendirme yapılarak, bu parametreler şekillendirilebilirler. Görüldüğü gibi yüksek çözünürlüklü resimlerde örtüşen sahne büyüklüğü de fazla olunca, benzerlik oranı ve küme merkezi gibi kriterler çok farklı sonuçlar doğurmamaktadır.

4. FOTOVOLTAİK PANELLER İÇİN GÖRÜNTÜ MOZAİKLEME UYGULAMASI

4.1. Giriş

Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere fotovoltaik sistemler (PV) adı verilmektedir. Fotovoltaik panellerin üretiminde hammadde olarak yarı iletken madde olan ve dünyada bol bulunan Silisyum kullanılmaktadır. Yarı iletken bir diyot olarak çalışan fotovoltaik paneller, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik reaksiyondan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür.

Günümüzde yenilenebilir enerji sistemleri içerisinde önemli bir yere sahip olan Fotovoltaik sistem teknolojilerinin önemini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Uzun kullanım ömrüne sahiptir.
- Çevre dostudur; CO2 yaymadığı için yerkürenin ekolojik dengesine olumsuz etkisi yoktur.
- Fosil yakıtlar çevreyi kirletme de büyük bir rol oynarken, güneş enerjisi; temiz, sessiz ve sonsuz bir enerji kaynağıdır.
- Düzenli ve sürekli bakım gerektirmez.
- Çalışması için bir operatöre ihtiyaç duymaz, dolayısıyla işletme maliyeti neredeyse sıfırdır.
- Doğal afetlerden etkilenme olasılığı diğer enerji üreten kaynaklara göre daha düşüktür.
- Türkiye enerji ihtiyacının %70'ini ithal etmektedir. Güneş enerjisi bu ithalatı büyük oranda düşürülmesini sağlayacaktır.
- Enerji kaynakları yönünden ülkelerin birbirinden bağımsız olması oldukça önemlidir. Bu nedenle ülkelerin Fotovoltaik sistemler sayesinde ihtiyaçları olan enerjiyi güneşten elde etmeleri enerji kaynağı açısından bağımsız olmasını sağlayacak önemli bir gelişmedir.

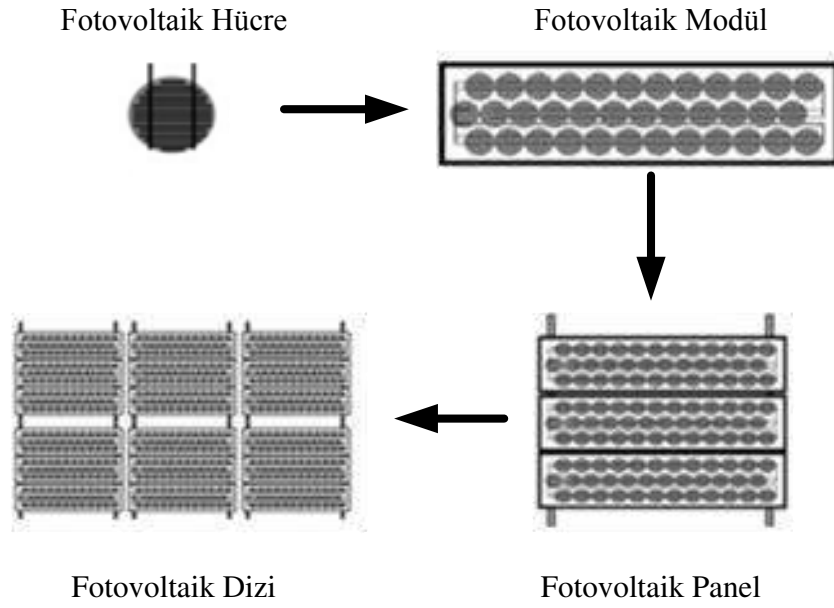
Fotovoltaik sistemler; Trafik işaret lambaları, cep telefonlarının şarj edilmesi, sokak aydınlatması, bahçe sulaması, güneş arabaları, uçaklar, hesap makineleri, kol saatleri, yapay uydular, güneş kuleleri ve binaların elektrik tüketimini sağlama gibi birçok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 4.1. Fotovoltaik panel türleri

Fotovoltaik panellerin Şekil 4.1.’de görüldüğü gibi çeşitleri bulunmaktadır. Monokristal pv paneller kalite ve verimlilik açısından yüksek verimli mono kristal hücrelerden oluşmaktadır. Monokristal pv paneller uzun ömürlü fakat diğer çeşitlerine göre daha pahalıdır. Polikristal pv paneller verimlilik kapasitelerinin maliyetlerine oranı yüksek olduğu için bu tip paneller pv sektöründe en çok kullanılan teknolojidir. Amorf pv paneller bükülgen özelliktedir. Verimleri düşüktür fakat gölge ortamlarda dahi enerji ürettiklerinden bina çatılarında kullanımı idealdir. İnce film paneller ise düşük malzeme tüketimi ve uygun fiyatlarından dolayı geniş yüzeylerin kaplanacağı projelerde tercih edilir.

Fotovoltaik paneller birleştirilmiş fotovoltaik hücrelerden oluşmaktadır. Bu hücrelerin yapımında genel olarak silikon malzeme kullanılır ve bu malzemeler yarı iletken malzemelerdir. Fotovoltaik hücrelerin yapısında ise yarı iletken özelliğine sahip olan silisyum elementi bulunur. Güneş ışığı bu elementler tarafından emildiğinde, elektronlar bulundukları atomlardan ayrılarak element içerisinde serbest kalırlar ve böylece bir elektrik akımı oluşmuş olur. Işığın (fotonların) elektriğe (voltaj) dönüşmesine fotovoltaik adı verilmektedir. Bu nedenle bu sistemlere de “Fotovoltaik sistemler” adı verilir. Fotovoltaik paneller çok sayıda fotovoltaik hücresinin birbirine paralel veya seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilmesiyle oluşturulur. Şekil 4.2’de fotovoltaik dizi yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Fotovoltaik dizi yapısı [65]

Fotovoltaik sistemlerde güç çıkışını arttırmak için çok sayıda fotovoltaik hücre birbirine paralel veya seri bir şekilde bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Elde edilen bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirine seri veya paralel bağlanarak fotovoltaik paneller elde edilir. Elde edilen fotovoltaik paneller bir araya getirilerek de fotovoltaik dizi yapısı oluşturulur. Buradaki temel amaç fotovoltaik paneller bir araya getirerek güneş enerjisinden faydalanarak daha fazla elektrik enerjisi üretimini karşılamaktır.

Pv diziler büyük alanlarda bir araya getirilerek Pv güneş enerji santralleri oluşturulmaktadır. Büyük alana yayılan bu güneş santralleri de kameralar yardımıyla izlenmektedir. Pv dizilerin detaylı bir şekilde izlenip incelenebilmesi için birden fazla kamera kullanılmaktadır. Pv dizilerin bir bütün olarak incelenebilmesi için; farklı açılardan elde edilen, büyük alana yayılmış Pv dizi görüntülerinden tek bir görüntü elde edilmesi gerekir.

Büyük bir alana yayılan güneş santralindeki Pv dizilerinin görüntülerini tek bir görüntüye dönüştürmek için birden fazla kameradan gelen bilgilerin birleştirilmesi şarttır.

Bu tez çalışmasının bu bölümünde fotovoltaik dizileri izleyen kameralardan alınan birden fazla görüntünün bir bütün oluşturacak şekilde incelenebilmesi için fotovoltaik (Pv) diziler üzerinde görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilmiştir.

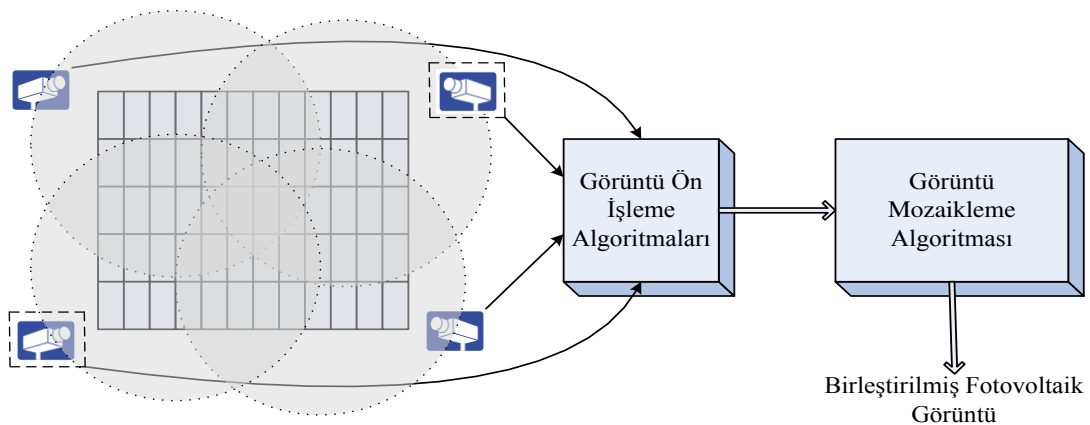
Birden fazla kameradan alınan pv dizi görüntüleri, görüntü olarak birbirlerine çok benzediğinden dolayı görüntülerin birleştirme işlemi zor ve karmaşıktır. Bu nedenle pv dizilerin görüntüleri üzerinde görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilirken adaptif görüntü mozaikleme algoritması kullanılmıştır [66].

Geliştirilen görüntü mozaikleme uygulamasında fotovoltaiik dizileri izleyen kameralardan elde edilen görüntüler kullanıldığı için bu görüntülerin; düz, eğik, düşük çözünürlüklü ve görüntünün ters olması durumları göz önünde bulundurulmuştur. Bu nedenle fotovoltaiik dizileri izleyen kameralardan alınan görüntüler üzerinde ilk olarak görüntü ön işleme algoritmaları uygulanmıştır. Görüntü işleme algoritması uygulandıktan sonra elde edilen düzgün ve ortak noktaları bulunan görüntüler kullanılarak görüntü mozaikleme uygulamasıyla; farklı kameralardan ve farklı açılardan alınan fotovoltaiik dizilerin görüntüleri incelenmek üzere bir bütün hale getirilmiştir.

4.2. Sistem Yapısı

Bu bölümde, 4 bir köşesine kamera yerleştirilmiş fotovoltaiik diziler için; kameralardan alınan görüntüler kullanılarak görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilmiştir. Görüntü mozaikleme algoritması MATLAB programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Görüntü mozaikleme algoritmasının uygulanabilmesi için en temel nokta, birleştirilecek görüntülerin ortak veya çakışan noktalarının bulunmasıdır. Fotovoltaiik dizilerin köşelerine yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntüler ortak veya çakışan noktalara sahip olduğu için görüntü mozaikle işlemi için uygun görüntülerdir.



Şekil 4.3. Sistemin şematik blok diyagramı

Şekil 4.3’de blok diyagramında görüldüğü gibi ilk olarak fotovoltaiik dizilerin etrafına yerleştirilen kameralardan görüntüler elde edilir. Elde edilen görüntülerin; düz, eğik, düşük çözünürlüklü ve ters olması durumları oluşabilmektedir.

Görüntü mozaikleme algoritması uygulanırken, ortak veya çakışan noktaları bulunan görüntülerin anahtar noktaların tespitinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için birleştirilecek görüntülerin çözünürlüğü, eğik olmayışı ve görüntülerin aynı yönde olması önemlidir.

Bu nedenle görüntüler elde edildikten sonra, kameralardan elde edilen görüntüler üzerinde görüntü işleme algoritması yürütülür. Görüntü işleme algoritmasında gerçekleştirilen adımlar şu şekildedir;

- Görüntüler kameralar tarafından farklı açılardan çekildiği için, elde edilen görüntüler düz veya eğik olabilir. Eğik olan görüntülere; Matlab’ın görüntü işleme komutlarından biri olan transform yani dönüştürme işlemi uygulanır.
- Kameralardan elde edilen görüntüler içerisinde düşük çözünürlüğe sahip görüntüler olabilmektedir. Düşük çözünürlüğe sahip bu görüntülerin, Görüntü mozaikleme işlemiyle birleştirmek üzere kullanılabilmesi için çözünürlüğünün iyileştirilmesi gerekir. Bu nedenle çözünürlüğü düşük olan görüntüler Matlab’ın görüntü işleme komutları kullanılarak düzeltilir.
- Fotovoltaiik dizilerin alt kısmına yerleştirilen kameralardan düz görüntüler elde edilmektedir. Fakat fotovoltaiik dizilerin üst kısmına yerleştirilen kameralardan görüntü tepeden çekildiği için, ters görüntüler elde edilmektedir. Üst kameradan elde edilen düz görüntüler ile alt kameralardan elde edilen ters görüntüler arasında görüntü mozaikleme algoritmasıyla görüntü birleştirme işleminin uygulanabilmesi için ters olan görüntüler Matlab’ın görüntü işleme komutları kullanılarak düzeltilir.

Fotovoltaiik diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntüler üzerinde görüntü ön işleme algoritması yürütüldükten sonra elde edilen görüntüler üzerinde görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilir.

Fotovoltaiik paneller etrafındaki kameraların her birinden elde edilen farklı sayıda görüntüler kullanılarak, her seçilen görüntü grubu için ayrı ayrı görüntü mozaikleme algoritması uygulanmıştır. Fotovoltaiik diziler görüntü olarak birbirine çok yakın olduğu için birleştirme işleminin gerçekleştirilmesi zordur. Bu nedenle tez çalışmasının bu aşamasında pv dizilerin görüntüleri birleştirilirken adaptif görüntü mozaikleme algoritması

kullanılmıştır. Gerçekleştirilen adaptif görüntü mozaikleme algoritmasının adımları şu şekilde sıralanabilir;

- 1. adımda; çakışan ya da ortak noktaları bulunan, pv diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntüler giriş olarak alınır.
- 2. adımda; birleştirilecek pv dizi görüntüleri üzerinde Sift algoritması kullanılarak anahtar noktalarının tespiti yani kenar, köşe noktalarının bulunması gerçekleştirilir. Anahtar noktalarının tespiti gerçekleştirilirken parametre olarak anahtar nokta eşik değeri (A) göz önünde bulundurulmuştur.
- 3. adımda; ikinci adımda köşe, kenar noktaları bulunan görüntüler üzerinde çakışan noktaların bulunması için görüntü eşleştirme işlemi yapılır. Görüntü eşleştirme işlemi yapılırken parametre olarak benzerlik oranı (B) değeri göz önünde bulundurulmuştur. Görüntü eşleştirme işleminden sonra ortak noktaların belirlenmesi için sınıflandırma işlemi yapılır. Sınıflandırma işlemi için de K-NN algoritması kullanılmıştır. K-NN algoritması gerçekleştirilirken parametre olarak küme merkezi sayısı (K) göz önünde bulundurulmuştur.
- 4. adımda, birleştirilecek görüntüler üzerinde çakışan ortak noktalar bulunup görüntüler eşleştirildikten sonra, bulunan noktalar içerisindeki aykırı noktaların tespiti için RANSAC algoritması uygulanır.
- 5. adımda ise son olarak aykırı noktalardan arındırılmış görüntüler warping ve blending işlemine tabi tutulur. Böylece birleştirilmiş görüntü elde edilir.

4.3. Uygulama Sonuçları

Fotovoltaik paneller etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntülerden bazıları kullanarak adaptif görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntüler ve bu görüntülerin özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Gerçekleştirmiş olduğumuz adaptif görüntü mozaikleme uygulaması ile büyük alana yayılmış fotovoltaik diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen, ortak ya da çakışan noktaları bulunan farklı sayıda görüntü kullanarak birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Adaptif mozaikleme uygulaması gerçekleştirilirken Tablo 4.1’de görüldüğü gibi 2 farklı görüntü, 3 farklı görüntü ve 4 farklı görüntü kullanılarak birleştirilmiş görüntüler elde edilmeye çalışılmıştır.

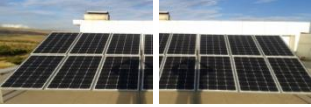
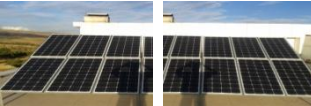
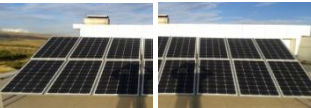
Tablo 4.1 Kameralardan alınan görüntüler

İki Görüntü				
 Görüntü1.jpg 1433x1917 733KB	 Görüntü2.jpg 1639x1919 777KB			
Üç Görüntü				
 Görüntü1.jpg 1929x1285 633 KB	 Görüntü2.jpg 1653x1541 626 KB	 Görüntü3.jpg 2559x1279 985 KB		
Beş Görüntü				
 Görüntü1.jpg 897x1685 439KB	 Görüntü2.jpg 701x1735 315 KB	 Görüntü3.jpg 749x1719 314 KB	 Görüntü4.jpg 1835x1405 626 KB	 Görüntü5.jpg 1611x971 457KB

Fotovoltaik diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen ortak veya çakışan noktaları bulunan görüntüler üzerinde adaptif görüntü mozaikleme uygulaması gerçekleştirilirken, fotovoltaik diziler görüntü olarak birbirlerine çok benzedikleri için adaptif görüntü mozaikleme algoritması adımlarında elde edilen anahtar nokta eşik değeri, benzerlik oranı ve küme merkezi sayısı parametreleri göz önünde bulundurulmuştur.

Anahtar nokta eşik değeri, benzerlik oranı ve küme merkezi sayısı parametreleri için genetik algoritmalar sonucu elde edilen çeşitli değerler kullanılarak, birleştirilmiş görüntüler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işleminin sonuçları ve birleştirilmiş görüntüler Tablo 4.2’de detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4.2 Birleştirilmiş Fotovoltaik resimler

Görüntüler	Parametre Seçimleri	Birleşme Süresi (sn)	Doğruluk Oranı	Birleşmiş Resim
	AS BS KS+	61.124478	İyi	
	AS+ BS KS+	106.008674	Çok İyi	
	AS- BS+ KS+	46.572443	İyi	
	AS BS KS+	144.087306	İyi	
	AS+ BS+ KS	221.839672	Çok İyi	
	AS- BS+ KS+	102.461844	İyi	
	AS BS KS+	186.277852	İyi	
	AS+ BS KS+	288.961114	Çok İyi	
	AS- BS+ KS	132.980537	Normal	

Genetik algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilen adaptif optimizasyon algoritması ile elde edilen ve Tablo 4.2’de kullanılan parametreler şu şekildedir;

- A: Anahtar nokta eşik değeri,
- B: Benzerlik oranı,
- K: Küme merkezi sayısı,
- S: Standart,
- S+: Standart üstü,
- S-: Standart altı.

Standart için belirlenen optimum değerler şu şekildedir;

- BS=0.6,
- KS=5,
- AS=0.85’dir

Gerçekleştirmiş olduğumuz uygulamada Pv dizilerinin birleştirilmek istenen görüntüleri için özellikle görüntü mozaikleme algoritmasını üç etkisi incelenmiştir. Bu parametrelerden anahtar nokta eşik değeri (A) birleştirilecek görüntüler üzerinde anahtar noktalarının doğru ve kaliteli bir şekilde seçilebilmesi için önemlidir. Tablo 4.2’de görüldüğü gibi A parametresi yüksek bir değer seçildiği zaman yani AS+ olduğu zaman kaliteli bir birleştirilmiş görüntü elde edilmektedir.

Bunlardan benzerlik oranı, anahtar noktaların kaliteli ve düzgün bir şekilde eşleşmesi için gerekli kriterdir. Benzerlik oranı ne kadar yüksek tutulursa, o kadar birbirine benzer eşleşmeler elde edilir. Fakat benzerlik oranının düşük tutulması yüksek çözünürlüklü görüntülerde beklenen olumsuz etkiyi oluşturmaz. Yüksek çözünürlüklü görüntülerde anahtar nokta sayısı çok fazladır ve yapılan yanlış eşleştirmeler, sınıflandırma işleminde diğer örneklerin yanında etkisini kaybetmektedir. Tablo 4.2’de görüldüğü gibi Pv diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntülerin çözünürlüğü yüksek olduğu için benzerlik oranı parametresinin etkisi çok fazla olmamıştır.

Küme merkezi sayısı ise doğruluk oranını etkileyen diğer bir önemli kriterdir. Eşleşmiş örnek anahtar nokta sayıları, dışarıdan girilen bu küme merkez sayısı adedi kadar sınıfa ayrılırlar, bu merkezler referans alınarak birleştirilirler. Küme merkezi sayısı, çok sayıda eşleşme var ise yüksek olarak seçilebilir, fakat eşleşme sayısı az ise küme merkezi sayısının çok olması, yanlış sınıflandırmaya neden olur ve doğruluk oranını olumsuz yönde etkiler. Tablo 4.2’de elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında K parametresinin yüksek seçilmesi yani KS+ olması sonuçlarımızı olumlu yönde etkilemiştir.

4.4. Bölüm Değerlendirmesi

Görüntü mozaikleme algoritması uygulanırken, ortak veya çakışan noktaları bulunan görüntülerin anahtar noktaların tespitinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için birleştirilecek görüntülerin çözünürlüğü, eğik olmayışı ve görüntülerin aynı yönde olması önemlidir.

Fotovoltaik diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntülerin görüntü mozaikleme algoritması uygulanmadan önce iyileştirilmesi için MATLAB programında Image Processing Toolbox kullanılarak görüntüler üzerinde ön işleme algoritması uygulanmıştır. Gerçekleştirilen ön işleme algoritması sonucunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Fotovoltaik diziler etrafına konulan kameralardan elde edilen görüntüler üzerinde görüntü ön işleme algoritması yürütüldükten sonra elde edilen görüntüler üzerinde görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilmiştir. Kameraların her birinden elde edilen farklı sayıda görüntüler kullanılarak, her seçilen görüntü grubu için ayrı ayrı görüntü mozaikleme algoritması uygulanmıştır ve başarılı bir şekilde birleştirilmiş görüntüler elde edilmiştir.

Fotovoltaik paneller için adaptif görüntü mozaikleme uygulaması gerçekleştirilirken, adaptif görüntü mozaikleme algoritması adımlarında kullanılan ve genetik algoritmalarla elde edilen anahtar nokta eşik değeri, benzerlik oranı ve küme merkezi sayısı parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Böylelikle birleştirilmiş görüntülerin doğru bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır.

5. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında literatür de belirtilen çalışmalar ışığında görüntü mozaikleme için geliştirilen yöntemlerin genel olarak işleyişi incelenmiş olup konu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Geliştirilen görüntü mozaikleme yöntemleri ile ortak veya çakışan noktaları bulanan görüntüler kullanılarak çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir ve görüntüler birleştirilerek birleştirilmiş görüntüler elde edilmiştir.

Tez çalışmasının 2. bölümünde görüntü mozaikleme algoritmasıyla ilgili detaylı bilgiler verilmiştir ve çakışan veya ortak noktaları bulunan görüntüler üzerinde görüntü mozaikleme algoritması kullanılarak görüntü birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamada giriş görüntü sayıları farklı alınarak ve görüntü mozaikleme işlemindeki özellik noktalarının tespiti adımı Sift ve Harris algoritmaları kullanılarak çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır. Harris ve Sift algoritması ile elde edilen birleştirilmiş görüntüler kıyaslandığında ise Sift algoritması ile elde edilen görüntünün çözünürlüğünün, Harris algoritması ile elde edilen görüntünün çözünürlüğünden daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Tez çalışmasının 3. bölümünde genetik algoritmalar kullanılarak adaptif görüntü mozaikleme algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen bu algoritma ile görüntü mozaikleme algoritmasının adımlarında kullanılan önemli parametrelerden üç tanesi için çeşitli değerler kullanılarak birleştirilen görüntüler kıyaslanmıştır. Bu değerler; görüntü mozaikleme algoritmasının özellik çıkarımı aşamasında kullanılan anahtar küme eşik değeri (A), özellik çıkarımı gerçekleştirildikten sonra görüntüler arasındaki noktaların eşleştirilmesi aşamasında kullanılan benzerlik oranı (B) ve görüntüler üzerinde bulunan benzer noktaların sınıflandırılması aşamasında kullanılan küme merkezi (K) sayısıdır.

Anahtar nokta sayısının fazla olması görüntü mozaiklemedeki olumsuz etkileri ortadan kaldırdığı gözlemlenmiştir. Bu durumda kaliteli birleşmiş görüntüler elde edilmesini sağlamaktadır.

Benzerlik oranı ne kadar yüksek tutulursa, o kadar birbirine benzer eşleşmelerin elde edildiği gözlemlenmiştir. Fakat benzerlik oranının düşük tutulması yüksek çözünürlüklü resimlerde beklenen olumsuz etkiyi oluşturmaz, çünkü anahtar nokta sayısı çok fazladır ve yapılan yanlış eşleştirmeler, sınıflandırma işleminde diğer örneklerin yanında etkisini kaybetmektedir. Sonuç olarak da düşük çözünürlüklü ve anahtar nokta sayısının az ol

duğu resimlerde benzerlik oranının kesinlikle çok önemli bir kriter olduğu saptanmıştır.

Küme merkezi sayısı doğruluk oranını etkileyen önemli bir kriterdir. Küme merkezi sayısı, çok sayıda eşleşmenin olduğu durumlarda yüksek bir değer olarak seçilebileceği gözlemlenmiştir. Eşleşme sayısının fazla sayıda olmadığı durumlarda ise küme merkezi sayısının çok olmasının, yanlış sınıflandırmaya neden olduğu ve doğruluk oranını olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının 4. bölümünde Fotovoltaik diziler için görüntü mozaikleme algoritması gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik dizileri izleyen kameralardan alınan birden fazla görüntünün bir bütün oluşturacak şekilde incelenebilmesi için görüntü mozaikleme algoritması uygulanmıştır.

Fotovoltaik diziler etrafına yerleştirilen kameralardan elde edilen görüntülerin görüntü mozaikleme algoritması uygulanmadan önce iyileştirilmesi için MATLAB programında Image Processing Toolbox kullanılarak görüntüler üzerinde ön işleme algoritması uygulanmıştır. Gerçekleştirilen ön işleme algoritması sonucunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Fotovoltaik dizilerin etrafındaki kameraların her birinden elde edilen farklı sayıda görüntüler kullanılarak, her seçilen görüntü grubu için ayrı ayrı görüntü mozaikleme algoritması uygulanmıştır. Fotovoltaik diziler görüntü olarak birbirine çok yakın olduğu için birleştirme işleminin gerçekleştirilmesi zordur. Bu nedenle pv dizilerin görüntüleri birleştirilirken adaptif görüntü mozaikleme algoritması kullanılmıştır. Kameraların her birinden elde edilen farklı sayıda görüntüler kullanılarak, her seçilen görüntü grubu için ayrı ayrı adaptif görüntü mozaikleme algoritması uygulanmıştır ve başarılı bir şekilde birleştirilmiş görüntüler elde edilmiştir.

Fotovoltaik diziler için görüntü mozaikleme uygulaması gerçekleştirilirken, görüntü mozaikleme algoritması adımlarında kullanılan anahtar nokta eşik değeri, benzerlik oranı ve küme merkezi sayısı parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Böylelikle birleştirilmiş görüntülerin doğru bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Smith S. M., Brady J. M.**, 1997. SUSAN a new approach to low-level image processing, *International Journal of Computer Vision*, **23(1)**, 45-78.
- [2] **Wyawahare M. V., Patil P. M., and Abhyankar H. K.**, 2009 Image Registration Techniques: An overview, *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, September, Vol. 2, No.3.
- [3] **Li H., Manjunath B.S., Mitra S.K.**, 1995. Multisensor image fusion using wavelet transforms, *Graphical Models Image Process*, 57 (3), 235-245.
- [4] **X. Li S., Y. Qin**, Efficient fusion for infrared and visible images based on compressive sensing principle, *IET Image Process.*, 2011, Vol. 5, Iss. 2, pp. 141–147.
- [5] **Yan K., Yunfeng W.**, 2011. Research on image fusion for visible and infrared images, *The Tenth International Conference on Electronic Measurement & Instruments*.
- [6] **Liang J., He Y., Liu D., and Zeng X.**, 2011. Image Fusion Using Higher Order Singular Value Decomposition, *IEEE Trans. Image Processing*.
- [7] **Wu Z. and Goshtasby A.**, 2011. Adaptive Image Registration via Hierarchical Voronoi Subdivision", *IEEE Transactions On Image Processing*.
- [8] **Flusser J., Sroubek F., Zitova B.**, 2007. Image Fusion: Principles, Methods and Applications, *EUSIPCO*.
- [9] **Yong E. W.**, 2011. Investigation of Mosaicing Techniques for Forward Looking Sonar, *A Thesis Submitted for the Degree of MSc Erasmus Mundus in Vision and Robotics (VIBOT)*.
- [10] **Nemra A., and Aouf N.**, 2009. Robust Invariant Automatic Image Mosaicing and Super Resolution for UAV Mapping, *Mechatronics and its Applications*.
- [11] **Fan B., Du Y., Tang Y.**, 2011. Efficient Registration Algorithm for UAV Image Sequence", *the IEEE International Conference on Information and Automation*, June, Shenzhen, China.
- [12] **LI Y., LI Z., Tong L., Tian Y., GUO Y. D.**, 2011. A geometrical rectification algorithm of UAV remote sensing images based on flight attitude parameters, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*.
- [13] **Hongying Z., Lei Y., Pengqi G., Shuqiang L.**, 2005. The Real Time Image Merge Method for the Remote Sensing Image Acquired from the UAV", *Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
- [14] **Lin Y., Yu Q., Medioni G.**, 2007. Map-Enhanced UAV Image Sequence Registration, *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV'07)*.

- [15] **Elibol A., Gracias N., Garcia R.**, 2013. Fast topology estimation for image mosaicing using adaptive information thresholding, *Robotics and Autonomous Systems*, vol 61, 125-136.
- [16] **Xiaowei H., Hongying Z., Lei Y., Shaowen Y.**, 2007. An Approach of Fast Mosaic for Serial Remote Sensing Images from UAV, *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*
- [17] **Heintz F., Rudol P. and Doherty P.**, 2007. From Images to Traffic Behavior - A UAV Tracking and Monitoring Application, *International Conference on Information Fusion*.
- [18] **Wang Y., Camargo A., Fevig R., Martel F., Schultz R.**, 2008 Image Mosaicking from Uncooled Thermal IR Video Captured by a Small UAV”, *Image Analysis and Interpretation*.
- [19] **Miller A. and Shah M. and Harper D.**, 2008. Landing a UAV on a Runway Using Image Registration”, 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation Pasadena, May 19-23, CA, USA.
- [20] **Huang Y., Li J. and Fan N.**, 2008. Image Mosaicing For UAV Application, *International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling*.
- [21] **McCartney M. I., Zein-Sabatto S., and Malkani M.**, 2009. Image Registration For Sequence Of Visual Images Captured By UAV, *Computational Intelligence for Multimedia Signal and Vision Processing*.
- [22] **Zuliani M.**, 2006. Computational Methods for Automatic Image Registration, *Doctor of Philosophy*, University Of California.
- [23] **Efendioğlu M.**, 2013. Otomatik Mozaikleme İle Geniş Yüzey Alanlarına Ait Görüntülerin Modellenmesi Ve Dsp Tabanlı Gerçeklenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi.
- [24] **Pak M.**, 2008. Uzaktan Çekilmiş Fotoğraflarla Mozaik Oluşturma, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ.
- [25] **Özzybek A.**, 2000. Image mosaicing / Görüntü mozaikleme, *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ.
- [26] **Zitova B., Flusser J.**2003. Image registration methods: a survey, *Image and Vision Computing* 21.
- [27] **Wang Y., Camargo A., Fevig R., Martel F., Schultz R.**, 2008 Image Mosaicking from Uncooled Thermal IR Video Captured by a Small UAV”, *Image Analysis and Interpretation*.
- [28] **Huang Y., Li J. and Fan N.**, 2008. Image Mosaicing For UAV Application, *International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling*.

- [29] **Liang J., DeMenthon D., Doermann D.**, 2009. Mosaicing of camera-captured document images, *Computer Vision and Image Understanding*, 113, 572–579.
- [30] **Yang Y., Xu Q., Gan Z., Liu F.**, 2013. A research on registration and de-ghosting algorithm in image mosaic”, IEEE, *International Conference on Wireless Communications & Signal Processing (WCSP)*, 1-5.
- [31] **Qin J., Yang J., Xue B., Bu F.**, 2012. Research on Image Registration and Mosaic Basedon Vector Similarity Matching Principle, *Fifth International Symposium on Computational Intelligence and Design*.
- [32] **Poletti E., Benedetti G., Ruggeri A.**, 2013. Super-Image Mosaic of Infant Retinal Fundus: Selection and Registration of the Best-quality Frames from Videos, *35th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, Osaka, Japan, 3 - 7 July, 5883-5886
- [33] **Saeedi J., Faez K.**, 2012. Infrared and visible image fusion using fuzzy logic and population-based optimization, *Applied Soft Computing*.
- [34] **Ashraf S., Brabyn L., Hicks B. J.**, 2012. Image data fusion for the remote sensing of freshwater environments”, *Applied Geography*.
- [35] **Haghighat M. B. A., Aghagolzadeh A., Seyedarabi H. A.**, 2011. Non-reference image fusion metric based on mutual information of image features, *Computers and Electrical Engineering Conference* 37, 744–756.
- [36] **Rodriguez-Sánchez R., García J.A., Fdez-Valdivia J.**, 2011. From computational attention to image fusion, *Pattern Recognition Letters* 32, 1778–1795.
- [37] **Yang B., Li S.**, 2012. Pixel-level image fusion with simultaneous orthogonal matching pursuit, *Information Fusion* 13, 10–19.
- [38] **Luo X., Zhang J., Dai Q.**, 2012. A regional image fusion based on similarity characteristics, *Signal Processing* 92, 1268–1280.
- [39] **Flusser J., Šroubek F., and Zitova B.**, 2007. Image Fusion Principles, Methods, and Applications, *Tutorial EUSIPCO*
- [40] **Wang X.**, 2008. The Research on Algorithm of Image Mosaic, *PhD Thesis*, Université du Québec à Chicoutimi.
- [41] **Yue Y., Li D., Li Y., Sun J., Gong J.**, 2010. Discussion on the Mosaic and Geometric Correction Technique of UAV Remote Sensing Image”, *Mechanic Automation and Control Engineering* (MACE).
- [42] **Suzuki T., Amano Y., Hashizume T.**, 2010. Vision Based Localization of a Small UAV for Generating a Large Mosaic Image”, *SICE Annual Conference*.
- [43] **Xing C., Wang J., Xu Y.**, 2010. A robust method for mosaicing sequence images obtained from UAV”, *Information Engineering and Computer Science (ICIECS)*.

- [44] **Zhang Z., Sun B. and Sun K., Tang W.**, 2010. A new image matching algorithm based on multi-scale segmentation applied for UAV navigation”, *Information Science and Engineering (ICISE)*.
- [45] **Zhang Z., Blum R.S.**, 1999. A categorization of multiscale –decomposition-based image fusion schemes with a performance study for a digital camera application, *Proc. IEEE* 87 (8), 1315-1326
- [46] **Seales W.B., Dutta S.**, 1996. Everywhere-in-focus image fusion using controllable cameras, *Proc. SPIE* 2905, 227-234.
- [47] **Kong W.W., Lei Y.J., Lei Y., Lu S.**, 2011. Image fusion technique based on non-subsampled contourlet transform and adaptive unit-fast-linking pulse-coupled neural network, *IET Image Process.*, Vol. 5, Iss. 2, pp. 113–121.
- [48] **Abraham R., Simon P.**, 2013. Review on Mosaicing Techniques in Image Processing, *Third International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies*.
- [49] **Chengl C., Li-LINGL M., Yuan-Longl Y., Jun-ZHENGL W.**, 2013. A novel image mosaic method based on improved SIFT algorithm and Contourlet Transform, *CCDC*.
- [50] **Jahanshahi M. R., Masri S. F., Sukhatme G. S.**, 2011. Multi-Image Stitching and Scene Reconstruction for Evaluating Defect Evolution in Structures, *Structural Health Monitoring*, 643-657.
- [51] **Han D.**, 2012. A Standing Tree Image Mosaic Algorithm Based on SIFT, *International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*.
- [52] **Lowe D. G.**, 2004. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International Journal of Computer Vision*.
- [53] **Bind V.S.**, 2013. Robust Techniques for Feature-based Image Mosaicing, *Thesis of the requirements for the degree of Master*
- [54] **Petridis V., Paterakis E. and Kehagias A.**, 1998. A hybrid neural-genetic multi model parameter estimation algorithm, *Neural Networks, IEEE Transactions on*, **9**, 862-876.
- [55] **Fujino A., Tobita T., Segawa K., Yoneda K., and Togawa A.**, 1997. An elevator group control system with floor-attribute control method and system optimization using genetic algorithms, *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, **44**, 546-552.
- [56] **Bolat B., and Cortes P.**, 2010. Genetic and tabu search approaches for optimizing the hall call – car allocation problem in elevator group systems, *Applied Soft Computing*, **11**, 1792-1800.

- [57] **Joshi H., Sinha K.**, 2013. A Survey on Image Mosaicing Techniques, *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)* Volume 2, Issue 2.
- [58] **Le M. H., Woo B. S., Jo K. H.**, 2011. A Comparison of SIFT and Harris Conner Features for Correspondence Points Matching, *17th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV)*, February, 1-4, Ulsan.
- [59] **Zhanlong Y., Hang C.**, 2013. Image Mosaics based on Pseudo-Zernike Moments, *IEEE International Conference on Signal Processing, Communication and Computing (ICSPCC)*, 1-5.
- [60] **Loewke K. E., Camarillo D. B., Piyawattanametha W., Mandella M. J., Contag C. H., Thrun S., Salisbury J. K.**, 2011. *In Vivo* Micro-Image Mosaicing”, *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, January, Vol. 58, No. 1.
- [61] **Jain P. M., Shandliya V. K.**, 2013. A Review Paper on Various Approaches for Image Mosaicing, *International Journal of Computational Engineering Research*, 106-109.
- [62] **Prados R.**, 2013. Image Blending Techniques and Their Application in Underwater Mosaicing, *PhD Thesis*, Universidad de Girona.
- [63] **Weibo Z., Jianxun L., Zhi Z.**, 2013. Performance Evaluation Approach for Image Mosaicing Algorithm, *CCDC*, 3786 - 3791.
- [64] **Sun S., Zeng Z.**, 2011. UAV Image Mosaic Based on Adaptive SIFT Algorithm, *The Fundamental Research Funds for the Central Universities*.
- [65] **Kıncay O., Bekiroğlu N., Yumurtacı Z.**, <http://nevsehir.edu.tr/gunespilleri1bol.pdf>, 25 Şubat 2014
- [66] **Müezzinoğlu T., Çolak F. ve Karaköse M.**, 2014. Görüntü Mozaikleme Algoritması İçin Deneysel Bir Çalışma, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*.

ÖZGEÇMİŞ

Taha MÜEZZİNOĞLU 15.06.1989 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamlayarak 2006 yılında mezun oldu ve aynı yıl Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliğini kazandı.. 2006 – 2010 yılları arasında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde okudu. 2010 yılında Bilgisayar Mühendisi olarak mezun oldu ve aynı yıl Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği (yazılım) bölümünde yüksek lisans eğitime başladı. 2010 – 2012 yılları arasında özel kurumlarda çalıştı. 2013 yılında Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi oldu. Halen Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olup aynı zamanda Fırat Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrencisi olarak devam etmektedir.