

Araştırma Makalesi/Research Article

Mozaiklemede geometrik bozulma düzeltme ve göz verilerinde uygulanması

Ömer Can Eskicioğlu¹, Ali Hakan Işık²

^{1,2} Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 15030, Burdur, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Görüntü mozaikleme
Görüntü sarmalama
Harris köşe algılama
SIFT
Perspektif Projeksiyonu

Makale geçmişi:

Geliş Tarihi: 12.09.2022
Kabul Tarihi: 29.11.2022

Öz: Görüntü işleme, gelişen yazılım ve donanım teknolojilerine paralel olarak birçok sektörde kullanılmaktadır. Sektörlerin ihtiyaçlarına göre kullanılan görüntü tekniklerinde farklılık gözlemlenmektedir. Bu bağlamda sağlık alanında kullanılması çok hassas ölçümler ile güçlü algoritmalar gerekmektedir. Bu makalede, D-EYE ve FIRE gibi veri kümelerini kullanarak retina görüntüleri üzerinde görüntü mozaik yapılmıştır. Görüntüler üzerinde özellik algılama, özellik eşleştirme, görüntü eşleştirme, görüntü sarmalama ve görüntü mozaikleme işlemleri uygulanmıştır. Görüntüdeki köşeleri bulmak için Harris köşe dedektörü kullanılmıştır. Köşe dedektörü ile karşılık gelen 2 görüntüdeki noktaların konumları bulunmuştur. Koordinatlar arasında öznitelik tanıma algoritması olarak Ölçek Değişmez Unsur Dönüşümü (SIFT) kullanılmıştır. Belirlenen öznitelikler arasında öznitelik ve görüntü eşleştirme işlemleri yapılmıştır. Rastgele Örnek Konsensüsü (RANSAC) yardımıyla zayıf noktalar ortadan kaldırılmıştır. Homografi, kalan noktalarla projektif dönüşüm için tanımlanmıştır. Son aşamada homografi matrisi ile geometrik bir dönüşüm yapılmıştır. Çalışmamızdaki görüntü mozaikleme uygulaması; retina görüntüleri, insansız hava aracı görüntüleri, bakteri veya tomografi görüntüleri başta olmak üzere geniş bir alana uygulanabilmektedir. Farklı veri setleri ile test edilmiş başarılı bir sonuç elde edilmiştir.

Atıf için/To Cite:

Eskicioğlu Ö.C., Işık A.H. Mozaiklemede geometrik bozulma düzeltme ve göz verilerinde uygulanması. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 14(3), 116-123, 2022.

Correction of geometric distortion for mosaicing and applied in eye data

Keywords

Image mosaicing
Image wrapping
Harris corner detection
SIFT
Perspective projection

Article history:

Received: 12.09.2022
Accepted: 29.11.2022

Abstract: Image processing is used in many sectors in parallel with the developing software and hardware technology. Differences are observed in the image techniques used according to the needs of the sectors. In this context, very precise measurements and powerful algorithms are required to be used in the field of health. In this article, an image mosaic was made on retinal images using datasets such as D-EYE and FIRE. Feature detection, feature matching, image matching, image wrapping and image mosaicing processes are applied on the images. Harris corner detector was used to find the corners in the image. The positions of the points in the 2 corresponding images were found with the corner detector. Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) was used as the feature recognition algorithm between the coordinates. Feature and image matching processes were performed between the determined features. Weak spots are eliminated with the help of Random Sample Consensus (RANSAC). The homography is defined for the projective transformation with the remaining points. In the last step, a geometric transformation was made with the homography matrix. The image mosaic application in our study; It can be applied to a wide area, especially retinal images, unmanned aerial vehicle images, bacteria or tomography images. It has been tested with different data sets and a successful result has been obtained.

1. Giriş

Çağımızda dijital teknolojilerin popülerleşmesiyle görüntü verileri dikkat çekici bir şekilde önem kazanmıştır. Sunum veya bir öğreti sırasında görüntülerden faydalanabilmek kolay, anlaşılabilir ve hızlı bir eğitim sunmaktadır. Bu nedenle sıklıkla kullanılmakta olup hayatımızda önemli bir yere sahiptir. Görüntüler piksellerden meydana gelmektedir. Her piksel aslında birer veridir. Bu piksel verileri bir araya gelerek görüntü verisini oluşturmaktadır. Görüntüler zamana ve mekâna bağlı olarak açısı, ışığı veya kalitesi değişiklik gösterebilmektedir. Sadece bu değişiklik kamera donanımının kalitesine bağlı bir durum değildir. Yazılımsal iyileştirmelerde en az donanım kadar etkilidir. Yazılımsal olarak filtreler, derin öğrenme tabanlı görüntü iyileştirme yöntemleri, uygun kontrast tespiti gibi görüntü özelliklerinden faydalanarak görüntü iyileştirmeleri yapılabilmektedir. Yalnızca görüntünün kalitesini ve anlaşılabilirliğini arttırmanın yanında görüntü açıları da düzeltilebilmektedir. Ortalamadan veya eğik çekim yapılmış görüntü argümanları perspektif düzenlemesi ile görüntü bozulmasından arındırılabilir. Perspektif düzenlemesi görüntü işleme algoritmalarının bir arada çalıştırılması sonucunda meydana gelen bozukluk giderilmektedir.

Görüntü bozulmaları, sadece perspektif görüntü bozulmalarından kaynaklanmamaktadır. Bazı durumlarda görüş açısı nedeniyle bozulmalar meydana gelebilmektedir. Kaynağı bilinmeyen bozuk görüntüleri düzeltmek için kamera parametrelerinin veya görüntünün eğimlerinin tahmin edilmesi gerekebilecek durumlar olabilmektedir. Bu eğimleri ve kamera parametrelerini tahmin etmeye çalışmak, yapılacak bir sisteme ekstra bir hesaplama yükü getirmektedir.

Görüntü perspektifi sadece görüntüdeki bozukluklar dışında görüntü mozaiklemede de yaygın olarak kullanılmaktadır. Mozaikleenecek olan her görüntünün aynı açı ve doğrultuda görüntü öznelik noktalarını hizalamak için perspektif düzeltmesi uygulanmaktadır.

Görüntü mozaikleme küçük ve bölgesel olan görüntülerin birleştirilerek daha büyük ve detaylı bir görüntü elde edilmesini amaçlamaktadır. Görüntü mozaiklemede özellik çıkarma, özellik eşleştirme, aykırı noktaların tespit edilmesi, homografi hesaplanması, görüntü çarpıtma, görüntü harmanlama ve görüntü mozaikleme adımlarından oluşmaktadır.

Perspektif görüntülerindeki bozuklukların düzeltilmesi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda Hough dönüşümü, izdüşüm profil

histogramı, homografi matrisi, derin öğrenme ve uzak ufuk noktası kullanılarak perspektif düzeltmelerinin yapıldığı görülmektedir. Literatürdeki sıkça kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Pavić vd. [1], 3B yapı hakkındaki bilgileri kullanarak parça tabanlı görüntü tamamlama için etkileşimli bir sistem önermiştir. Sistem, etkileşimli görüntü tamamlama için parçaları kopyalarken perspektif düzeltmeleri uygulamaktadır. Parça bazlı görüntü tamamlama teknikleri ile düzlemsel varsayımlar yapılarak 2 boyutlu olarak uygulanmaktadır. Kaynak parçaları aranırken, Uzaklık Karesi Toplamı (SSD) yöntemi kullanılmıştır. 3B düzlem belirtilmezse, sistem perspektif düzeltmeleri olmadan önceki görüntü tamamlama teknikleri gibi davranmaktadır. Gerum vd. [2] sensörlerden gelen verilerle kamera kayıtlarını ve görüntüleri optimize eden bir yöntem geliştirmiştir. Uydu görüntülerine ve çoklu görüş açılarından yapılan hesaplamalara dayalı olarak harici kamera parametrelerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Perspektif düzeltmeleri ve görüntü haritalama yöntemleri kullanılarak açık kaynaklı olarak hazırlanmıştır. Li vd. [3] giriş görüntüsündeki geometrik bozulma türlerini otomatik olarak düzeltmek için genel bir mimari önerilmiştir. Yöntem, bozulmuş ve düzeltilmiş görüntülerdeki yer değiştirmeyi tahmin etmek için büyük bir sentetik bozulma veri seti kullanılarak eğitilmiş Evrişimli Siner Ağlarını (CNN) kullanmaktadır. Algoritmanın geleneksel düzeltme yöntemlerinden daha iyi performans gösterdiği çalışmada kanıtlanmıştır. Güvenoğlu [4] tarafından önerilen yöntemde, perspektifi bozulmuş görüntüdeki nesnelerin dikdörtgen veya kare olması gerekmeden perspektif düzenlemesi yapılabilmektedir. Farklı boyutlardaki dikdörtgen bölgeler, görüntüdeki herhangi bir perspektif bozulma kolaylıkla düzeltilmektedir. Perspektif çarpık görüntülerin düzenli metinlerle düzeltilmesini sağlayan bir çalışma Clark vd. [5] tarafından yapılmıştır. Yöntemde dikey ve yatay izdüşüm profil histogramı yardımıyla ilk aşamada metinlerin bulunduğu bölgeler belirlenmektedir. Metin düzleminin yatay kaybolma noktası 2B projeksiyon yöntemi ile bulunmaktadır. Böylelikle metin satırlarının bölümlenmesini sağlamaktadır. Çizgilerin analizi düzlemin dikey kaybolma noktasının ve paragrafın yaslama stiline tahminini sağlayacaktır. Yapılan işlemler neticesinde metin, Optik karakter tanıma (OCR) veya diğer tanıma yöntemleri için uygun bir çıktı elde edilmiştir.

Günümüzde perspektif görüntülerin düzeltilmesi mobil teknolojiler ile de mümkündür. Bu çalışmalardan biri Li vd. tarafından yapılmıştır. [6] Bu çalışma iki varsayıma dayanmaktadır. Bunlardan biri bozuk görüntünün dikdörtgen bir yapıya sahip olduğu

varsayımı, diğeri ise kameranın iç parametrelerinin bilindiği varsayımdır. Bu nedenle varsayımlara dayalı olarak bozulan görüntüde bir homografi matrisi oluşturulmaktadır. Oluşturulan homografi matrisi ile düzeltilmiş görüntü düzeltilmesi sağlanmaktadır. Mohan vd. [7] kamera parametrelerini, bilinen gerçek ölçekli bir görüntüdeki perspektif bozulmasını düzeltmek için homografi matrisini kullanmaktadır. Önerilen yöntemde düzeltilcek perspektif görüntüsünün sınırları öncelikle belirlenmektedir. Belirlenen bu perspektif görüntünün köşe noktalarına işaretlenme yapılmaktadır. Kamera parametreleri ve önceden tanımlanmış homografi matrisi yardımıyla perspektif görüntü 2 boyutlu alana taşınmaktadır. Homografi matrisi, birçok perspektif düzeltmesinin temelini oluşturmaktadır. Spitschan vd. [8] çalışmada, perspektif nedeniyle bozulmaya uğramış görüntüleri düzelter ve daha doğru sonuçlar veren yeni bir yöntem önerilmektedir. Akif ve Aykut [9] tarafından yapılan çalışmada İnsanız Hava Aracından alınan görüntü verileri ile mozaikleme yapılmıştır. Çalışmada Speeded up Robust Features (SURF), Scale-Invariant Feature Transform (SIFT), Binary Robust Invariant Scalable Keypoints (BRISK), Features From Accelerated Segment Test (FAST) ve Harris köşe bulma algoritmaları ile çalışılmıştır. Yapılan mozaikleme çalışmasında her bir uygulanan algoritmanın performans değerleri karşılaştırılmıştır. Müezzinoğlu vd. [10] tarafından yapılan çalışmada SIFT algoritması temelli bir görüntü mozaikleme yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen model Raspberry Pi üzerinde çalıştırılmaktadır. Mozaikleme uygulanması için zor bir örnek olan fotovoltaiik dizi görüntülerinde denenmiş ve başarıml sağlamıştır. Karaköse vd. [11] tarafından yapılan çalışmada kameradan elde edilen görüntüler ile MATLAB ortamında görüntü mozaikleme uygulaması yapılmıştır. Görüntülerden özellik çıkarımı için SIFT algoritması kullanılmıştır. Hatalı eşleşmelerin elenmesi ve özellik noktalarının eşleştirilmesi için homografi tahmini uygulanmıştır. Görüntü mozaikleme işleminin kalitesinin artırılması için genetik algoritmalarından yararlanılmıştır.

İnsanız Hava Araçları (İHA) tarafından video çekimi, afet durumları, tarım alanlarının tespiti yaygın olarak kullanılmaktadır. Yang vd. [12] tarafından yapılan çalışmada GPS bilgileri yardımıyla İHA'dan alınan görüntüler ile hızlı bir görüntü birleştirme algoritması kullanılması amaçlanmaktadır. Yazarlar önerdikleri yöntemin, piyasadaki ticari yazılımlardan (Pix4D) daha performanslı olduğunu kanıtlamıştır.

Literatürdeki araştırmalar ışığında SIFT algoritmasındaki en önemli dezavantajı çıkarılan anahtar noktalarının fazlalığıdır. Düşük mozaikleme kalitesine neden olmaktadır. Görüntüde algoritmanın bulduğu gereksiz özellikleri kaldırmak ve görüntü

kalitesini artırmak için Redundant Keypoint Elimination (RKEM) adında yeni bir yöntem sunulmuştur. Hossein-Nejad ve Nasri [13] tarafından yapılan çalışmada RKEM yöntemini iyileştirmek için Kümelenmiş RKEM (CRKEM) adı verilen yeni bir yöntem önerilmiştir. Deneysel sonuçlarda klasik mozaikleme yöntemlerinden daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Nie vd. [14] tarafından yapılan çalışmada derin öğrenme tabanlı bir görüntü birleştirme yöntemi önerilmiştir. Önerilen amaç fonksiyonunda görüntü birleştirme dikdörtgenleme veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setinde insanlar, hayvanlar, araçlar ve çok sayıda yapı örneği bulunmaktadır. Yazarlar bu yaklaşım ile geleneksel yöntemlerden daha üstün performans elde etmiştir.

Chen vd. [15] tarafından yapılan çalışmada Yarı Yansıtımlı Çözüme ve Optimal Birleştirme algoritmasına dayalı bir İHA görüntü birleştirme yöntemi önerilmektedir. Deneysel sonuçlarda önerilen yöntemin görüntüler üzerinde yüksek doğrulukta birleştirdiği gözlemlenmektedir.

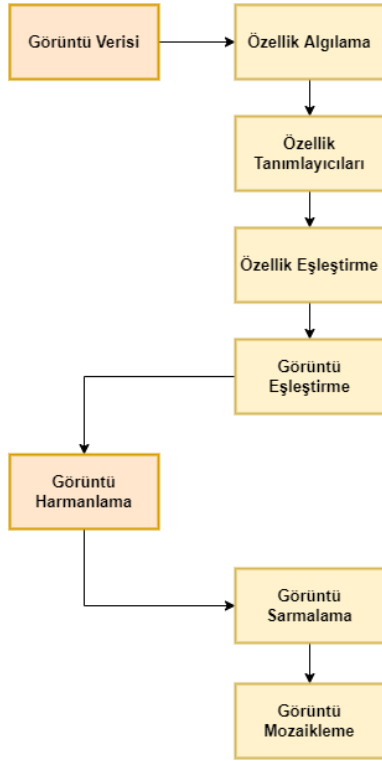
Çalışmamızda medikal alanlarda kullanılan veriler üzerinde görüntü mozaikleme yaparak genel bir görüntü oluşturmak amaçlanmaktadır. Sağlık alanındaki bu tür görüntülerin öznelikleri son derece zor anlaşılabilir. Göz kusurlarının tespiti ve teşhisinde medikal cihazlarda kullanılabilir. Hastalık teşhisi ve tespitinde daha kapsamlı bir veri seti oluşturulmasında yöntemimiz önerilmektedir. Ayrıca uydu görüntüleri, video kayıtlar, İHA'dan alınan görüntülerde de yöntemimiz kullanılabilir. Çalışma, birçok alanda yüksek performans elde etmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmamızda Harris köşe algılama, SIFT, RANSAC, FLANN (Fast Library for Approximate Neighbors) ve Hough Dönüşümü yöntemleri bir arada kullanılarak görüntü mozaikleme yüksek hızda ve maksimum doğrulukta oluşturmayı hedeflemektedir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmamızda, D-EYE [16] cihazından göz görüntüleri kullanıcı tarafından çekilerek veri seti oluşturulmuştur. D-EYE cihazı ile oluşturulan veri setindeki ve FIRE [17] veri setindeki retina görüntüleri üzerinde görüntü mozaikleme uygulanmıştır. Çerçevelediği köşeleri bulmak için Harris köşe algılama algoritması kullanılmıştır. Köşe algılama algoritmasına karşılık gelen 2 görüntüdeki noktaların konumları bulunmuştur. Koordinatlar arasında öznelik tanıma algoritması olarak SIFT kullanılmıştır. Belirlenen öznelikler arasında öznelik ve görüntü eşleştirme işlemleri

yapılmıştır. RANSAC yardımıyla zayıf noktalar ortadan kaldırılmaktadır. Homografi, kalan noktaları eşleştirip, projektif dönüşüm için tanımlanmıştır. Son aşamada homografi matrisi ile geometrik bir dönüşüm yapılmıştır. Her iki veri seti ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemin mimarisi Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışmanın Yapısı

Görüntü birleştirme, bölümlere ayrılmış yüksek çözünürlüklü bir görüntü oluşturmak için birden çok görüntüyü örtüşen görüş alanlarıyla birleştirme işlemine denir. Sahnenin farklı bölümlerini yatay olarak tarayan farklı görüntüler elde edilebilmektedir.

Görüntü mozaikleme yapılabilmesi için aynı sahnenin farklı görüntüleriyle örtüşen diğer öğelerle otomatik olarak birleştirmektir. Karşılık gelen noktaları belirleyerek ve ardından görüntüleri bir araya getirmek için homograf noktalarını hesaplayarak yapılmaktadır. Giriş görüntülerinin aslında aynı sahnenin örtüşen fotoğrafları olduğu varsayılmaktadır.

2.1. Özellik Tanımlayıcıları ve Özellik Algılama

Görüntü işleme algılama, görüntü verileri üzerinde hesaplama yapma ve belirli bir görüntü türünün özelliğinden bağımsız olarak her görüntü noktasında yerel kararlar alabilmek için çeşitli yöntemler içermektedir [18].

Özellik tespiti hesaplama açısından karmaşık, zor ve zaman kassı olduğunda, özellik tespiti için yüksek seviyeli algoritmalar kullanılabilir. Bu nedenle görüntünün sadece belirli bölümlerinde özellikler aranmaktadır [19].

Özellik algılamayı kullanan birçok bilgisayarlı görü algoritması literatürde bulunmaktadır. Bunlar, hesaplama karmaşıklığı, tespit edilen özellik türleri ve tekrarlanabilirlik açısından farklılık göstermektedir [20]. Özellikler tespit edilip algılandıktan sonra, özelliğin çevresinden yerel bir görüntü parçası çıkarımı yapılmaktadır. Bu çıkarım, büyük miktarda görüntüyü işleyebilecek kapasitededir. Literatürde özellik vektörü veya özellik tanımlayıcısı olarak geçmektedir. Özellik algılama algoritmaları özellik vektörü çıkarmayı amaçlamaktadır. Çalışmamızda BRIEF tanımlayıcısı kullanılmaktadır.

Görüntü işleme algoritmaları, dijital bir video veya görüntüdeki şekil, kenarlar veya hareket gibi nitelikleri algılamak için kullanılmaktadır [21]. Nitelik temelli yaklaşımlar ikiye ayrılmaktadır. Bunlar:

Düşük seviyeli yöntemler; köşe bulma, blob bulma ve kenar bulma gibi alt yöntemlerdir [21].

Bağımsız Yöntemler; Şekil Tabanlı, Gradyan Tabanlı ve Şekil Eşleştirme Tabanlı Yöntemler (SIFT vb.)

Harris Köşe Bulma Algoritması: Harris köşe bulma algoritması, bir görüntünün özelliklerini ve görüntü köşelerini çıkarmak için sıklıkla tercih edilen bir köşe algılama operatörüdür. 1988 yılında Mike Stephens ve Chris Harris tarafından Moravec'in köşe tanıma algoritmasının geliştirilmesi üzerine tanıtılmıştır. Algoritma basit bir şekilde bir köşe ve iki kenarın birleşimi olarak açıklanabilmektedir. Kenar olarak nitelendirilen kısım, görüntü parlaklığında ani bir değişiklikten meydana gelmektedir. Köşeler görüntüdeki en önemli özelliklerdir. Ayrıca değişmeyen öteleme, döndürme ve aydınlatma olarak adlandırılmaktadır. Köşeler bir görüntünün sadece küçük bir dilimi oluşturmaktadır [22]. Ancak görüntünün bilgisi hakkında önemli özellikler içerirler. Görüntü birleştirme, 2B mozaik oluşturma, hareket izleme gibi görüntü işlemlerinde kullanılabilir. Temel amaçları işlenen veri miktarını en aza indirmektir [23].

Ölçek Değişmez Unsur Dönüşümü (SIFT): SIFT, 2004 yılında British Columbia Üniversitesi D.Lowe tarafından tanıtılmıştır. Görüntü tabanlı tanıma ve eşleştirme uygulamayı amaçlayan bir tanımlayıcıdır [24]. SIFT algoritması 4 adımdan oluşmaktadır.

- Ölçek uzayı tepe seçimi
- Anahtar noktaları yerelleştirme
- Oryantasyon atama

- Anahtar nokta tanımlayıcı

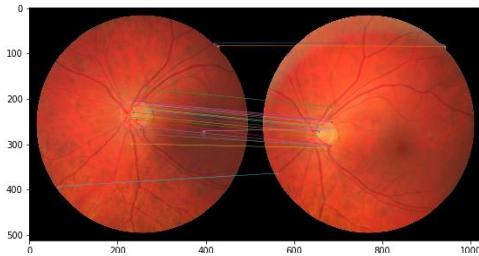
SIFT tanımlayıcısı, perspektif değişikliklerine, görüntü boyutuna, görüntü bulanıklığına, görüntüdeki gürültüye ve kontrast değişikliklerine karşı dayanıklı olması ile tanınmaktadır [21]. SIFT operatörü, görüntüde bulunan parazite veya gürültüye rağmen güçlü bir filtreleme işlemi yapmaktadır [25].

Çalışmamızda görüntüdeki özellikleri çıkarmak için Harris köşe bulma algoritması ile SIFT algoritması kullanılmıştır. Böylelikle daha hızlı ve dayanıklı bir yapı oluşturulmuştur.

2.2. Özellik Eşleştirme

Görüntü, kamera kalibrasyonu ve nesne tanıma gibi birçok bilgisayarlı görü uygulamasının parçası olan görüntü eşleştirme özellikleri, aynı sahne veya nesneye ait iki görüntü arasında bağlantı oluşturulmasını amaçlamaktadır. Genellikle ilgi noktaları eşleştirme yöntemlerinin performansı, ilgi noktalarının özelliklerine ve ilişkili görüntü tanımlayıcılarının seçimine bağlıdır. Bu nedenle uygulamalarda görüntü içeriğine uygun tanımlayıcılar ve dedektörler kullanılmıştır.

Çalışmamızda FLANN eşleştiricisi kullanılmıştır. Genellikle arama algoritmalarının performansını ve kalitesini arttırmak için kullanılan bir yöntemdir. FLANN, David Lowe ve Marius Muja tarafından oluşturulmuştur [26]. Şekil 2'de FIRE veri setinde bulunan sol ve sağdan çekilmiş olan bir görüntüyü özellik eşleştirilmesi ile çizgiler oluşturulmuştur.



Şekil 2. Özellik Eşleştirme

2.3. Görüntü Eşleştirme

Perspektif görüntülerinin düzeltilmesi için literatürde birçok yöntem bulunmaktadır. Hough dönüşümü, izdüşüm profil histogramı, homografi matrisi, uzak ufuk noktası ve derin öğrenme kullanılarak perspektif düzeltmelerinin yapıldığı literatür çalışmalarında görülmektedir [4].

Hough Dönüşümü: Bilgisayarda görü ve görüntü işlemede sıklıkla kullanılan bir algoritmadır. Görüntülerde bulunan daire ve çizgileri tanımlamayı

kolaylaştıran oylama mantığına sahip bir dizi algoritmadan oluşmaktadır. 1981 yılında Dana H. Ballard Hough dönüşümü için daha genel bir daire denklemi önermiştir [27]. Denklem (1)'de gösterilmektedir.

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \quad (1)$$

Merkez noktası M(a,b) ve yarıçapı r olan çember denklemi belirtilmiştir. Hough dönüşümünde dairenin kutupsal koordinatlarından yararlanılarak Denklem (2) kullanılmaktadır.

$$\begin{aligned} a &= x - r * \cos(t) \\ b &= y - r * \sin(t) \end{aligned} \quad (2)$$

Kutupsal koordinat denklemi Denklem (2)'de verilmiştir. Çalışmamızda perspektif görüntülerinin düzeltilmesi için Hough dönüşümü kullanılmaktadır.

Rastgele Örnek Konsensüs (RANSAC): Rastgele örnek konsensüs, aykırı bulunan değerlerin tahmin değerleri tarafından etki sahibi olmadığı durumda, aykırı değerlerden oluşan veriden matematiksel bir modelin parametrelerini bulmak ve tahmin etmek için kullanılmaktadır [21]. Yinelemeli bir yöntemdir. Aykırı değerlerin tespitinde kullanılmaktadır. 1981 yılında Bolles ve Fischler tarafından SRI International' da yayınlanmıştır. Bolles ve Fischler Konum Belirleme Problemini (LDP) çözebilmek için RANSAC algoritmasını kullanmışlardır [28]. RANSAC temel olarak var olan en küçük kümeyi kullanmaktadır. Tutarlı veri noktalarından meydana gelen kümeyi genişletmeye devam etmektedir [29].

Temelinde RANSAC olan yöntemlerde öncelikle rastgele parametrelerden oluşan bir küme elde edilir. Elde edilen kümeden veriyi en çok yakınlık gösteren parametre seçilip bir veri kümesi ile modellenmektedir. Böylece aykırı veriden ve gürültüden etkilenmeyen bir model elde edilmektedir.

2.4. Görüntü Sarmalama

Görüntü mozaikleme için sarmalama yöntemleri iki kategoride sınıflandırılabilir. Bunlar; yumuşak geçiş teknikleri ve optimal dikiş bulma teknikleridir [30].

Yumuşak geçiş teknikleri, geçiş yumuşatma veya alfa sarmalama gibi basit tekniklerden piramit harmanlama gibi farklı frekans bantlarında farklı alfa maskeleri uygulayan tekniklere kadar kullanılmaktadır. Ayrıca gradyan alan teknikleri gibi ancak gradyan alanında yumuşak geçiş olarak kabul edilen karmaşık tekniklere kadar kullanımı alanı geniştir [31].

2.5. Görüntü Birleştirme

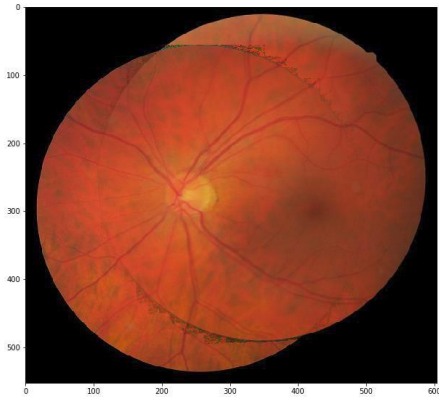
Görüntü birleştirme, birçok görüntünün önemli bilgileri toplayarak ve bunları tek bir görüntüden daha az sayıda görüntüye dahil etmek olarak tanımlanmaktadır. Tek olarak verilen görüntü, bir tek kaynak görüntüden daha doğrudur ve bilgilendiricidir. Gerekli tüm bilgilere sahiptir [32]. Görüntü birleştirmenin temel amacı sadece veri miktarını azaltmak değildir. Ayrıca makine ve insan algısı için anlaşılır ve uygun görüntüler oluşturmaktır. Bilgisayarlı görüde ve görüntü işlemede görüntü birleştirme, iki veya daha fazla görüntüden benzer bilgilerin çıkarımını yaparak tek bir görüntüde birleştirme işlemine denir [33]. Genellikle literatürde kullanılan görüntü birleştirme yöntemleri şunlardır:

- IHS dönüşümü tabanlı görüntü füzyonu
- Çift yönlü uzamsal frekans eşleştirme
- PCA tabanlı görüntü füzyonu
- Yüksek geçiş filtreleme tekniği
- Dalgacık dönüşümü görüntü füzyonu

3. Bulgular ve Tartışma

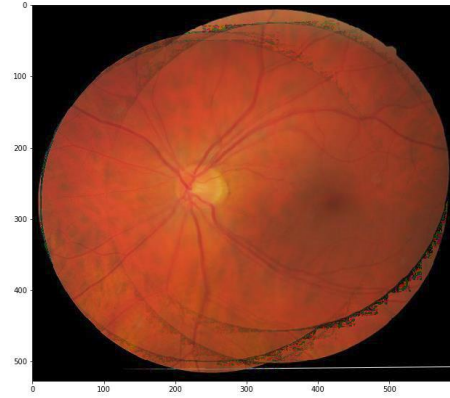
Çalışmamızda görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak retina görüntüleri üzerinde görüntü mozaikleme uygulanmıştır. Çalışmada BRIEF tanımlayıcısı, Harris köşe algoritması ve SIFT kullanarak görüntü algılama ve özellik tanıması yapılmıştır. Özellik eşleştirme için FLANN algoritması kullanılmıştır. Hough dönüşümü ile perspektif düzenlemesi yapılarak görüntüler mozaikleme aşamasından önce hazır hale getirilmiştir. RANSAC yardımıyla zayıf bulunan özellik noktaları ortadan kaldırılmıştır. Daha sonra görüntüler hizalanarak birleştirilmektedir.

Mozaikleme modelimiz öncelikle FIRE veri setinde test edilmiştir. Şekil 3'te görüntü birleştirme sonucunda ortaya çıkan 2 görüntünün mozaïği görülmektedir.



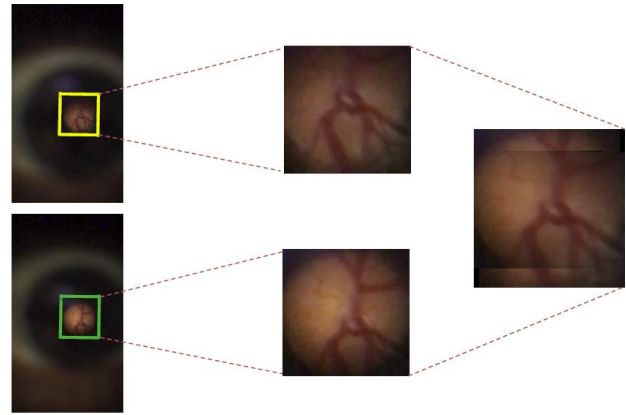
Şekil 3. FIRE Veri setindeki 2 Retina Görüntüsünün Mozaïği

Şekil 4'te ise 4 görüntünün meydana getirdiği görüntü mozaïği görülmektedir.



Şekil 4. FIRE Veri setindeki 4 Retina Görüntüsünün Mozaïği

Çalışmamızda ayrıca D - EYE aparatı ile toplanan gerçek zamanlı retina görüntülerine üzerinde de görüntü mozaikleme uygulanmıştır. Şekil 5'te iki adet retina fotoğrafının mozaikleme gösterilmektedir.



Şekil 5. D-EYE Aparatından Alınan 2 Retina Görüntüsünün Mozaïği

4. Sonuçlar

Çalışmamız bilgisayarda görü ve görüntü işleme konu alanlarında sıklıkla kullanılan algoritmalar yardımıyla küçük görüntü boyutlarını birleştirerek parçadan bütüne olacak şekilde bir görüntü mozaikleme uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulama açık kaynaklı bir veri seti olan FIRE veri setinde test edilmiş ve kabul edilebilir olduğu gözlemlenmiştir. D-EYE aparatı yardımıyla çekilen gerçek zamanlı göz görüntüleri ile de çalıştırılmış ve önerilen modelimizin her iki veri setinde yüksek performans ile görüntü mozaïği oluşturduğu gözlemlenmiştir.

D-EYE aparatından toplanan veriler ile FIRE retina veri setini kullanarak önerilen mozaikleme çözümümüz uygulanmıştır. Çalışmada retina görüntülerini iyi derecede hizalayıp yapay zekâ modeli eğitime girmeden önceki ön hazırlık aşamasında maksimum performans sağlanması amaçlanmaktadır. Düşük alana sahip ve büyük görüntünün bir parçası olan tüm verilere uygulanabilmektedir. Doğru ve kesin sonuç verecek hızlı bir model oluşturulmuştur.

Önerilen çözümümüz birçok iş sahasında aktif olarak kullanılabilir. İnsansız Hava Aracı veya uydu fotoğraflarının birleştirilmesinde, tarım arazisi veya ormanlık alan görüntülerinin mozaiklenmesinde, çiftliklerde çiftlik hayvanlarının geniş açı ile tespit edilip izlenmesinde, kamera ile plaka tanıma uygulamalarında, sağlık alanında yüksek kalitedeki görüntülerin mozaiklenmesinde kullanılabilir. Ayrıca dar açılı birden fazla kameranın senkron bir şekilde çalışması sonucunda geniş açılı kamera performansı elde edilebilmektedir. Yapay zekâ çalışmalarında veri seti üzerinde çalıştırılabilir ve başarımın yükselmesine sebep olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Pavić D, Schönefeld V, Kobbelt L. Interactive Image Completion with Perspective Correction. *The Visual Computer*, 22 (9-11), 671-681, 2006.
- [2] Gerum R. C, Richter S, Winterl A, Mark C, Fabry B, Le Bohec, C, Zitterbart DP. CameraTransform: A Python Package for Perspective Corrections and Image Mapping. *SoftwareX*, 10, 100333, 2019.
- [3] Li X, Zhang B, Sander PV, Liao J. Blind Geometric Distortion Correction on Images Through Deep Learning. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Kaliforniya, 16-20 June 2019.
- [4] Güvenoğlu E. Perspektiften Kaynaklanan Bozulmaların Geometrik Olarak Düzeltilmesi İçin Bir Yöntem. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 263-276, 2018.
- [5] Clark P, Mirmehdi M. Estimating the Orientation and Recovery of Text Planes in a Single Image. In *BMVC*, Manchester, 10-13 September, 2001.
- [6] Li X, Liu W, Fan W, Sun J, Satoshi N. (2016, November). Perspective correction using camera intrinsic parameters. In *2016 IEEE 13th International Conference on Signal Processing (ICSP)*, Chengdu, 6-10 November, 2016.
- [7] Mohan, S, Avinash N, Murali S. Rectification of Perspective distortion using camera parameters -A Perspective Geometry Based Approach. *ICGST International Journal on Graphics, Vision and Image Processing*, 8(1), 1-7, 2013.
- [8] Spitschan B, Ostermann J. Estimation of radial distortion using local spectra of planar textures. In *2017 Fifteenth IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA)*, Nagoya, 8-12 May, 2017.
- [9] Tahtırvancı A. İnsansız hava araçları ile iç ve dış ortam görüntülerinin mozaiklenmesi, Yüksek Lisans, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2019.
- [10] Müezzinoğlu T, Çolak F, Karaköse M. Görüntü Mozaikleme Algoritması İçin Deneysel Bir Çalışma. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 17-25, 2014.
- [11] Karaköse M, Yetiş H, Müezzinoğlu T. Optimizasyon Tabanlı Adaptif Görüntü Mozaikleme Algoritması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 389-400, 2017.
- [12] Yang H, Fu Y, Chen D, Peng Y. (2022, January). A Fast and Effective Panorama Stitching Algorithm on UAV Aerial Images. In *2022 14th International Conference on Computer Research and Development (ICCRD)*, Shenzhen, 7-9 January, 2022.
- [13] Hossein-Nejad Z, Nasri M. Clustered redundant keypoint elimination method for image mosaicing using a new Gaussian-weighted blending algorithm. *The Visual Computer*, 38(6), 1991-2007, 2022.
- [14] Nie L, Lin C, Liao K, Liu S, Zhao Y. (2022, June). Deep Rectangling for Image Stitching: A Learning Baseline. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, New Orleans, 18-24 June, 2022.
- [15] Chen J, Li Z, Peng C, Wang Y, Gong W. UAV Image Stitching Based on Optimal Seam and Half-Projective Warp. *Remote Sensing*, 14(5), 1068, 2022.
- [16] D-EYE Care, <https://www.d-eyecare.com>, (Erişim Tarihi: 18.11.2022).
- [17] Hernandez-Matas C, Zabulis X, Triantafyllou A, Anyfanti P, Douma S, Argyros A.A. *Journal for Modeling in Ophthalmology*, 1(4), 16-28, 2017.
- [18] Salvi M, Acharya UR, Molinari F, Meiburger KM. The impact of pre-and post-image processing techniques on deep learning frameworks: A comprehensive review for digital pathology image analysis. *Computers in Biology and Medicine*, 128, 104129, 2021.
- [19] Chen H, Wang Y, Guo T, Xu C, Deng Y, Liu Z, Ma S, Xu C, Gao W. Pre-trained image processing transformer. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Nashville, 20-25 June, 2021.
- [20] Høye TT, Årje J, Bjerger K, Hansen OL, Iosifidis A, Leese F, Mann HMR, Meissner K, Melvad C, Raitoharju, J. Deep learning and computer vision will transform entomology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2), 2021.

- [21] Çelik G. Yüksek Çözünürlüklü Görüntülerde Mozaikleme, Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, 2015.
- [22] Derpanis KG. The harris corner detector. York University, 2004.
- [23] Sikka P, Asati AR, Shekhar C. Real time FPGA implementation of a high speed and area optimized Harris corner detection algorithm. *Microprocessors and Microsystems*, 80, 103514, 2021.
- [24] Tareen SAK, Saleem Z. A comparative analysis of sift, surf, kaze, akaze, orb, and brisk. In 2018 International conference on computing, mathematics and engineering technologies (iCoMET), Sukkur, 3-4 March, 2018.
- [25] Bellavia F. SIFT matching by context exposed. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2022.
- [26] Muja M, Lowe D. Flann-fast library for approximate nearest neighbors user manual. Computer Science Department, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada, 5, 2009.
- [27] Ballard DH. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. *Pattern recognition*, 13(2), 111-122, 1981.
- [28] Cantzler H. Random sample consensus (ransac). Institute for Perception, Action and Behaviour, Division of Informatics, University of Edinburgh, 1981.
- [29] Derpanis KG. Overview of the RANSAC Algorithm. *Image Rochester NY*, 4(1), 2-3, 2010.
- [30] El-Saban M, Izz M, Kaheel A, Refaat M. Improved Optimal Seam Selection Blending for Fast Video Stitching of Videos Captured from Freely Moving Devices, *Image Processing (ICIP), 2011 18th IEEE International Conference, Brussels, 11-14 September. 2011.*
- [31] Michahial US, Latha M, Akshatha S, Juslin F, Manasa B, Shivani U. Automatic Image Mosaicing Using Sift, Ransac and Homography, *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJETT)*, 3(10), 247-251, 2014.
- [32] Capel D. Image mosaicing. In *Image Mosaicing and super-resolution*, Springer, London, 47-79, 2004.
- [33] Ghosh D, Kaabouch N. A survey on image mosaicing techniques. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 34, 1-11, 2016.