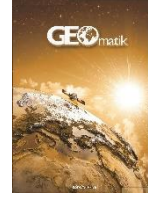




## GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



## Mozaiklenmiş insansız hava aracı görüntülerinde eksik bölgelerin örnek tabanlı iç boyaması ile elde edilmesi

Umut Özkaya <sup>\*1</sup>, Bilgehan Hasan Makineci <sup>2</sup>, Şaban Öztürk <sup>3</sup>, Osman Orhan <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>ÜKonya teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>3</sup>Amasya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Amasya, Türkiye

<sup>4</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

İnsansız Hava Aracı  
Mozaikleme  
İç Boyama  
Örnek Tabanlı

### ÖZ

Bu makalede İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak elde edilen hava görüntüleri ile sayısal yükseklik modelinde kullanılmak üzere mozaikleme işlemi uygulanmıştır. Görüntüler kompakt kameralı, döner kanatlı, endüstriyel bir İHA ile 120 m uçuş yüksekliğinde (~3.3 cm/piksel Yer Örnekleme Aralığında) %80 boyuna ve %50 enine bindirmeli olarak çekilmiştir. Konya Selçuk Üniversitesi Kampüs Alanı'ndaki test bölgesinde kurulan 50 Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanılarak görüntülerin birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Görüntülerden elde edilen ortomozaik Pix4D yazılımından üretilmiştir. Mozaikleme işlemi için toplamda 173 adet İHA görüntüsü kullanılmıştır. Önerilen örnek tabanlı iç boyama yönteminin performansı, 173 adet İHA görüntüsünden elde edilen 256×256 boyutlarında 6228 adet görüntü üzerinde ve 173 adet İHA görüntüsü ile elde edilen ortomozaik görüntü üzerinde test edilmiştir. Önerilen yöntemde iç boyama işlemi için 5×5, 7×7 ve 9×9 boyutlarında farklı görüntü yama boyutları kullanılmıştır. Farklı yama boyutlarına göre önerilen yöntemin performansı değerlendirilmiştir. Yapısal Benzerlik İndeksi (YBİ), 5×5 yama boyutu için 0.9824, 7×7 yama boyutu için 0.9840 ve 9×9 yama boyutu için 0.9843 elde edilmiştir. Sinyal Gürültü Oranı (SGO), 5×5 yama boyutu için 22.1010 dB, 7×7 yama boyutu için 22.5148 dB ve 9×9 yama boyutu için 22.6927 dB elde edilmiştir. Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO), 5×5 yama boyutu için 21.7303 dB, 7×7 yama boyutu için 21.3184 dB ve 9×9 yama boyutu için 21.1420 dB elde edilmiştir. Son olarak ise önerilen yöntem kullanılarak ortomozaik görüntü içerisindeki eksik bölgelere iç boyama işlemi gerçekleştirilmiştir.

## Obtaining missing areas with exemplar inpainting in mosaic unmanned aerial vehicle images

### Keywords

Unmanned Aerial Vehicle  
Mosaicking  
Inpainting  
Exemplar

### ABSTRACT

In this article, mosaic process was applied to use in digital elevation model of terrestrial images by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Images acquired with an industrial UAV with a compact camera, rotary-wing, at 120 m flight height (~ 3.3 cm/pixel Ground Sampling Range -GSD-) 80% frontal overlap and 50% side overlap. The images were combined using 50 Ground Control Points (GCP) established in the test area at Konya Selçuk University Campus Area. The orthomosaic obtained from the images produced by Pix4D software. A total of 173 UAV images used for the mosaicking process. The performance of the proposed exemplar inpainting method was tested on 6228 images in size of 256 × 256 which generated from 173 UAV images and the orthomosaic image generated with 173 UAV images. In the proposed method, different image patch sizes of 5 × 5, 7 × 7 and 9 × 9 are used for inpainting process. The performance of the proposed method according to different patch sizes was evaluated. Structural Similarity Index (SSIM) was obtained as 0.9824 for 5 × 5 patch size, 0.9840 for 7 × 7 patch size and 0.9843 for 9 × 9 patch size. Signal to Noise Ratio (SNR) was obtained as 22.1010 dB for 5 × 5 patch size, 22.5148 dB for 7 × 7 patch size and 22.6927 dB for 9 × 9 patch size. Peak Signal Noise Ratio (PSNR) was 21.7303 dB for the 5 × 5 patch size, 21.3184 dB for the 7 × 7 patch size and 21.1420 dB for the 9 × 9 patch size. Finally, inpainting was performed on missing areas in the orthomosaic image by using proposed method.

### \*Sorumlu Yazar

(uozkaya@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-9244-0024  
(hbmakineci@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3627-5826  
(saban.ozturk@amasya.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-2371-8173  
(osmanorhan@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-1362-8206  
Araştırma Makalesi / DOI: 10.29128/geomatik.678354

### Kaynak Göster (APA)

Ozkaya, U, Makineci, H.B, Ozturk, S, & Orhan, O. (2021) Mozaiklenmiş insansız hava aracı görüntülerinde eksik bölgelerin örnek tabanlı iç boyaması ile elde edilmesi. Geomatik, 6(1), 61-68, DOI: 10.29128/geomatik.678354

Geliş Tarihi: 22/01/2020; Kabul Tarihi: 26/02/2020

## 1. GİRİŞ

Uzaktan algılama ve mozaikleme uygulamalarında ortak sorun olarak belirli alanların tamamen kapsanmaması veya eksik bölgelerin oluşması gösterilebilir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration-NASA), 2000'li yıllarla beraber başlatmış olduğu Shuttle Radar Topografya görevi ile dünyanın büyük bir kısmında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturmaya çalışmıştır. Bununla birlikte, dağlık ve yüksek eğimli bölgelerde eksik veri sorunu ortaya çıkmıştır. Yükseklik farkı ve engebenin fazla olduğu arazilerde görüntü yakalamanın doğru bir şekilde yapılamadığı tespit edilmiştir (Luedeling vd. 2007). Stereo fotogrametri alanında iki farklı uydu görüntüsünden SYM oluşturulmasında görüntü özelliklerinin farklılığından kaynaklanan hatalar oluşabilmektedir. Aynı zamanda uydu görüntülerinden SYM oluşturulmasında bulutlanma nedeniyle de eksik veriler ortaya çıkabilmektedir. Eksik bölgelerin tekrardan yapılandırılması için literatürde farklı teknikler sunulmuştur. Bu yöntemler veri değiştirme ilkesi ve zamansal tahmin stratejileri olmak üzere farklı metotlar içermektedir (Skytt vd. 2015, Reuter vd. 2007, Shepard 1968).

İç boyama, görüntüde bilgi içermeyen alanları arka plan özelliklerini kullanarak doldurma işlemidir. Diğer bir ifadeyle görüntüdeki kayıp veya bozuk alanların çevre piksel bilgileri yardımıyla tekrardan yapılandırılmasıdır. İç boyamanın amacı eksik alanların makul bir şekilde elde etmektir. Dijital görüntü içerisindeki eksik bölgelerin doldurulmasını amaçlayan farklı iç boyama teknikleri de mevcuttur. Eksik ve çakışan bölgelerin doldurulması için kullanılan geleneksel yöntemler arasında spline yüzeyleri (Skytt vd. 2015), kriging (Reuter vd. 2007), Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) (Shepard 1968) ve üçgen düzensiz ağlar (Luedeling vd. 2007) enterpolasyon teknikleri bulunur. Bu iç boyama yöntemleri kullandıkları görüntüye göre performansında farklılıklar gösterir.

Görüntüde iç boyama işlemi son yıllarda birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Literatürde iç boyama işlemi için farklı teknikler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılan tekniklerden biri Piksel Tabanlı İç Boyamadır (PTİB) (Bertalmio vd. 2000). PTİB işlemi piksel düzeyinde çalışarak küçük alanların doldurulmasında etkilidir. Daha büyük alanların doldurulmasında bu yöntem görüntüde bulanıklığa yol açar. Diğer bir yöntem olarak ise örnek tabanlı iç boyama tekniği önerilir. Bu yöntem görüntü içerisindeki eksik bölgeleri, bilgi içeren bölgeler ışığında doldurur. Örnek tabanlı iç boyama yöntemi piksel (Komodakis ve Tziritas 2007) ve yama (Rares vd. 2005) tabanlı olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Bu iç boyama işleminde her adımda bir piksel veya yama doldurulur. Görüntü iç boyama işleminde gerçekleştirileceği alanlarda sınır geometrisinden bağımsız olarak boyama işlemi yapılır. Hâlbuki örnek ya da yama tabanlı iç

boyamada görüntüden çıkarılan nesne veya eksik alanlar doldurma işleminde süresizliğe yol açabilir. Örnek tabanlı iç boyama yöntemlerinin bir dezavantajı da görsel tutarsızlıklara neden olmasıdır. Bu problem çözümünde eksik bölge çevresindeki belirli boyutlarda en uygun yamalar seçilerek bilinen bölgelerden eksik bölgelere doğru doldurma işlemi gerçekleştirilir (Chen vd. 2005). Örnek tabanlı iç boyama yöntemlerinde eksik bölgelerin doldurulmasında doldurulacak piksellerin sırası ve düzeyi oldukça önemli bir yer tutar. Görüntü içerisindeki gürültüler ve doğrusal özellik göstermeyen örüntüler iç boyama için gereken hesaplama süresini artırmaktadır.

Literatürde iç boyama ile ilgili farklı türde çalışmalar yer almaktadır. Efros ve Freeman yapmış oldukları çalışmada hızlı ve yama tabanlı bir iç boyama algoritması önermişlerdir. Eksik bölgeler uygun bir şekilde farklı bölgelerden yamalar ile doldurulmuştur (Efros ve Freeman 2001). Criminisi çalışmasında iç boyama işlemi yakınlık ölçüsüne göre görüntü kenarlarından başlayarak merkeze doğru gerçekleştirmişlerdir (Criminisi 2004). Fang önerdiği yöntemde vektör niceleme ve temel bileşen analizi tabanlı bir iç boyama tekniği sunmuşlardır (Fang 1990). Fawzi görüntü içerisindeki çok büyük eksik bölgeleri tamamlamak için ön eğitilmiş Yapay Sinir Ağı (YSA) modellerini kullanmışlardır (Fawzi 2016). Kaiming ve Sun yapmış oldukları çalışmada görüntü içerisindeki istenmeyen bölgelerin görüntünün genel çerçevesine göre doldurulmasını sağlamışlardır (Kaiming ve Sun 2012). Bertalmio önerdiği yöntemde görüntü içindeki eksik bölgeleri, dolu bölgelerin yapısal ve dokusal niteliklerine uygun bir şekilde iç boyama işlemi gerçekleştirmişlerdir (Bertalmio 2003). Bu çalışmanın amacı, örnek tabanlı iç boyama yönteminin çok sayıda görüntü ve ortomozaik görüntü üzerindeki performansının karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Bu çalışmada 2. Bölüm kullanılan veri seti özelliklerini ve yöntem hakkında detayları içermektedir. 3. Bölümde ise elde edilen bulgular ve karşılaştırmalı analizler mevcuttur. 4. Bölümde ise elde edilen sonuçları ifade etmektedir.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

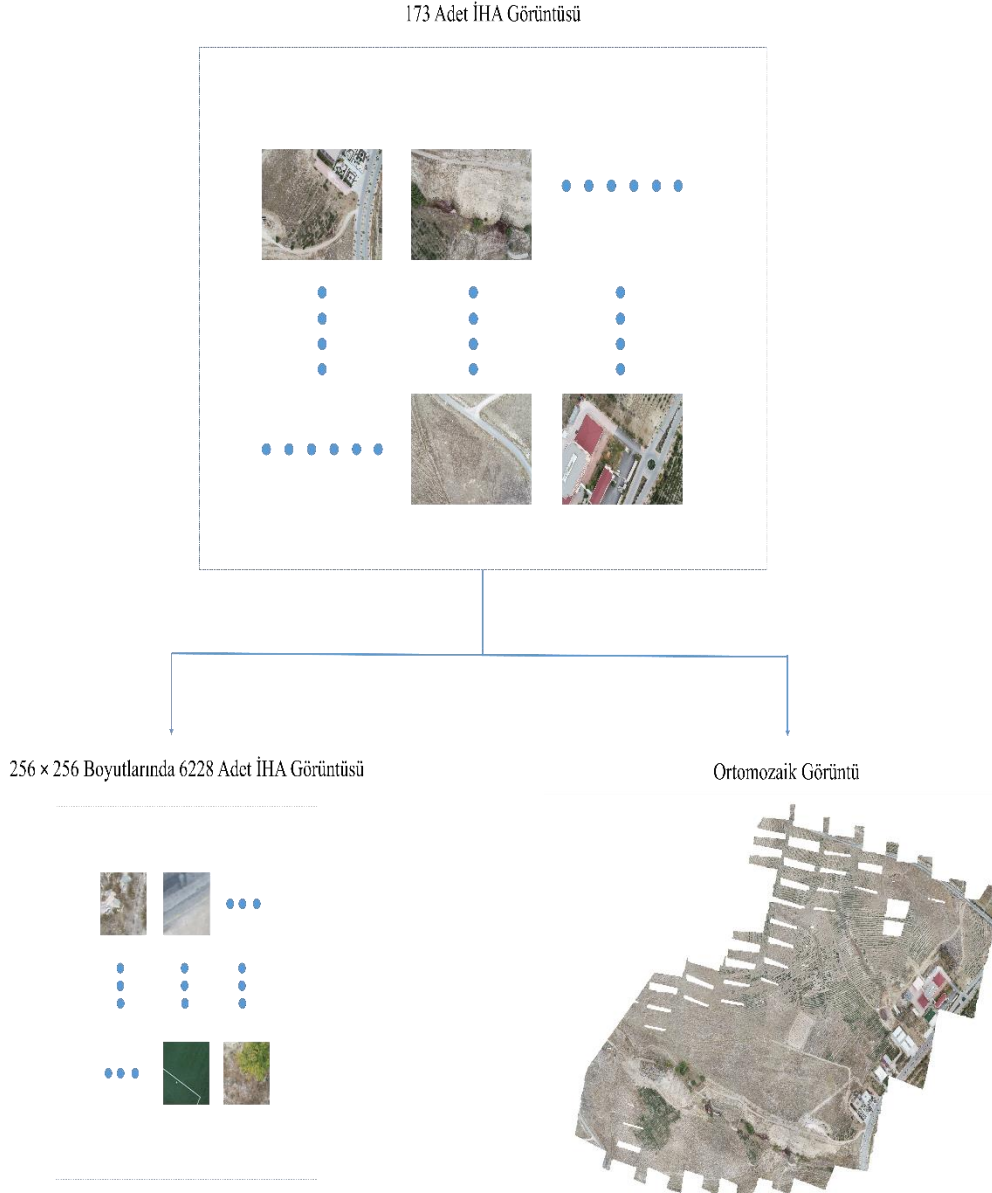
### 2.1. Veri Seti Tanımlaması

Veri setinin oluşturulması için Ekim Ayı içerisinde DJI Phantom 4 Pro marka döner kanatlı bir İHA kullanılmıştır. Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüs Alanı sınırlarındaki özel test bölgesi 50 kadar YKN içermektedir. Bu YKN'lerden bir kısmı araziye işaretlenmiş noktalar olup BÖHHBÜY yönergesine uygun olarak 3 kanatlı merkezi 3 × YÖA çember biçiminde kanatların boyutları da 4.5 × YÖA olacak şekilde işaretlenmiştir. YKN'lerin bir kısmı ise arazide önceki yıllarda kurulmuş olan pilye ağına dayandırılmıştır. İHA'nın kamera özellikleri olarak görüntünün genişliği ve yüksekliği 5472 × 3648 piksel, odak uzunluğu 8.8

mm ve sensör boyutları da  $13.2 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$  olarak bilinmektedir.

Görüntülerden üretilen mozaik Pix4D yazılımı tarafından otomatik olarak üretilmiştir. Kamera kalibrasyonu, görüntülerin birleştirilmesi (mozaik üretimi), SYM üretilmesi ve ortomozaik üretilmesi amacıyla programa  $5472 \times 3648$  boyutunda 173 adet (bir tanesi yaklaşık 8 mb) koordinatlı görüntü yüklenmiştir. Görüntüler içerisinde  $256 \times 256$  boyutlarında görüntüler alınarak toplamda 6228 adet görüntü elde edilmiştir. Bu işlem önerilmiş olan

örnek tabanlı iç boyama tekniğinin fazla örnek sayısındaki başarısını test etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de 173 adet İHA görüntüsü kullanılarak elde edilen ortomozaik görüntü ve  $256 \times 256$  boyutlarındaki 6228 adet görüntü için iş akış şeması bulunmaktadır. Önerilen iş akış şeması ile örnek tabanlı iç boyama yönteminin hem çok sayıda görüntülerde hem de ortomozaik görüntü üzerindeki başarısı test edilmesi amaçlanmıştır.



**Şekil 1.** Ortomozaik ve  $256 \times 256$  boyutlarındaki görüntüler için iş akış şeması

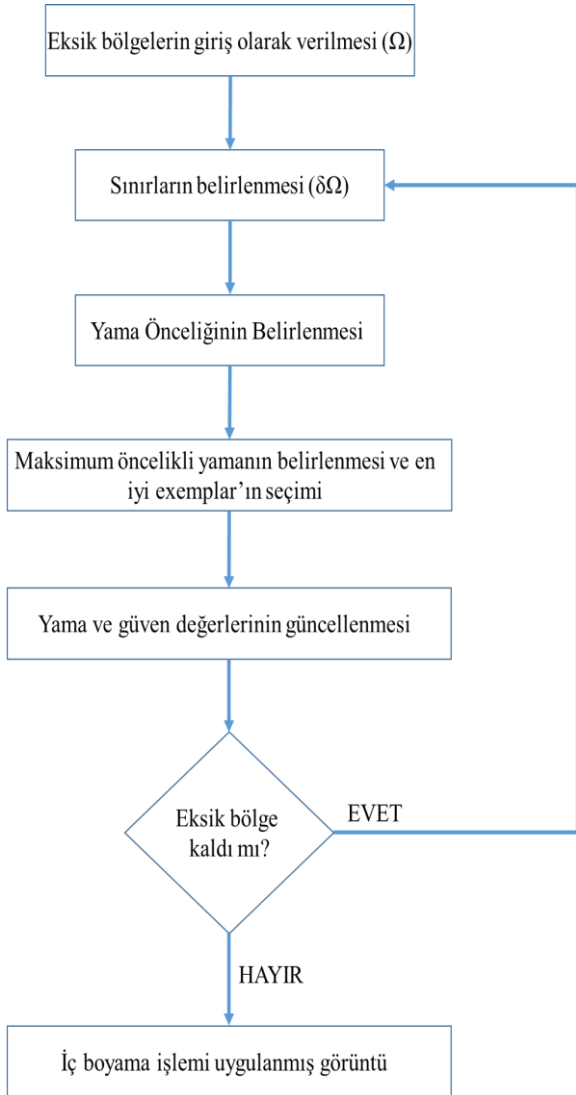
## 2.2. Örnek Tabanlı İç Boyama Yöntemi

Örnek tabanlı iç boyama yöntemi giriş görüntüsünü renkli veya gri ton düzeyinde doldurma işlemi gerçekleştirebilir. İç boyama işlemi gerçekleştirilmeden önce doldurulma yapılacak bölgelerin maskelenmesi gerekir. Maske sayesinde

görüntü içerisinde istenmeyen çoklu hedefler kaldırılabilir.

Görüntü içerisindeki eksik bölgelerin göze çarpan yapılar ile doldurulması güvenilir iç boyama sonuçlarının elde edilmesinin anahtarıdır. Aynı zamanda eksik bölgelerin çıkıntılı kısımlarından uzatılması olumsuz sonuçlara neden olabilir. İç boyama işleminde yama tabanlı olarak doku bilgileri

eksik bölgelere yayılması söz konusudur. Şekil 2’de örnek tabanlı iç boyama işleminin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 2. Örnek tabanlı iç boyama işleminin akış şeması

İç boyama işleminde tasarımcı tarafından görüntüdeki eksik bölgelerin seçilmesi  $\Omega$  gerekir. İç boyama işlemi için gereken kaynak bölgeler tüm görüntü içerisinde eksik bölgelerin çıkarılması ( $\Phi=I-\Omega$ ) ile gerçekleştirilir. Sonrasında örnek tabanlı iç boyama işlemi için yama  $\psi$  boyutunun belirlenmesi gerekir. Yama boyutu kullanıcı tarafından belirlenen bir parametre olup tek sayılardan oluşur. Yama boyutu küçüldükçe iç boyama işlemi daha hassas bir şekilde gerçekleşir. Fakat, iç boyama işleminin tamamlanması oldukça uzun sürer. Yama boyutu arttıkça iç boyama işleminin hassasiyeti azalır. Yalnız iç boyama işlem süresi kısaldır. Bu çalışmada yama boyutu  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$  ve  $9 \times 9$  olarak üç farklı şekilde seçilmiştir. Bu parametre belirlendikten sonra iç boyama işlemi otomatik olarak gerçekleşir. İç boyama işleminde yamalar eksik bölgeleri doldururken sırasını belirleyen geçici öncelik değeri atanır. Öncelik değerleri dikkate alınarak en iyi iç boyamanın elde edilmesi amaçlanır.

Yamaların öncelik hesabında kenar özelliklerinin devamlılığı ve yüksek özellik içermesi dikkate alınır (Ballester vd. 2001). Öncelik değeri  $p$  olarak tanımlanırsa;

$$P(p) = C(p).D(p) \quad (1)$$

Denklem 1’de  $C(P)$  ifadesi, güven değerini,  $D(p)$  ifadesi de kullanılan veriyi temsil eder. Bu ifadelerin hesaplamaları Denklem 2 ve 3’de yer almaktadır.

$$C(p) = \frac{\sum_{q \in \Psi_{p \cap (I-\Omega)}} C(q)}{\text{size}(\Psi_p)} \quad (2)$$

$$D(p) = |\nabla^{\perp} I(P), n(P)| \quad (3)$$

$\Psi_p$  ifadesi öncelikli yamayı temsil eder.  $n(P)$  ifadesi sınırlara  $(\delta\Omega)$  dışı olan  $p$  noktasıdır. Öncelik değerini ifade eden  $P(p)$  sınırdaki her yama için hesaplanır. Bu sayede eksik bölgelerin doldurulması için farklı yamalar tespit edilmiş olur.

Güven değerini gösteren  $C(p)$ ,  $p$  pikseli etrafındaki güvenilir bilgi miktarının bir ölçütüdür (Levina ve Bicke 2006). Burada temel amaç mevcut verilerden elde edilen yama piksellerinin ilave tercihine göre doldurmaktır.

$$\begin{aligned} C(p) &= 0 & \forall_p \in \Omega \\ C(p) &= 1 & \forall_p \in I - \Omega \end{aligned} \quad (4)$$

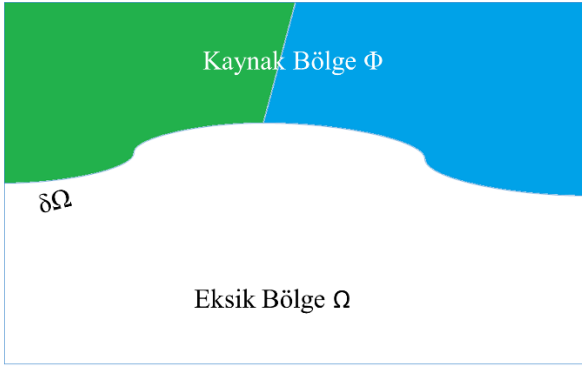
Görüntü içerisindeki doku bilgilerinin eksik bölgelere yayılması için öncelik değerleri hesaplanarak en yüksek öncelikli  $\Psi_p$  yama bulunur. Kaynak bölgeden elde edilen  $\Psi_p$ ’ye göre doldurma işlemine başlanılır.

$$\psi_p = \arg \max_{p \in \delta\Omega} P(p) \quad (5)$$

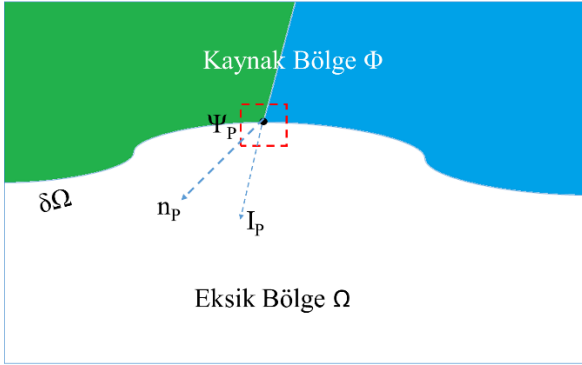
Bazı iç boyama tekniklerinde piksel bilgileri difüzyon yoluyla eksik bölgelere doğru yayılır. Bu yöntemlerde eksik bölgelerin doldurulmasında bulanıklaşma durumu ortaya çıkabilir. Yama tabanlı iç boyama tekniklerinde örnek tabanlı doldurma işlemi gerçekleştirilir.

$$\psi_q = \arg \min_{q \in \Phi} d(\psi_p, \psi_q) \quad (6)$$

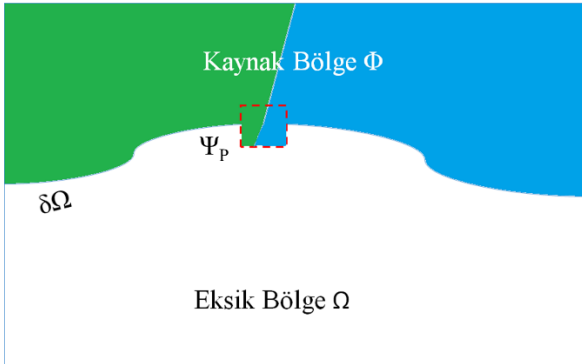
Denklem 6’da  $d$  terimi iki yama arasındaki uzaklığı hesaplamak için kullanılır. Aynı zamanda iki yama tarafından doldurulmuş piksel sayısının karelerinin farkına eşittir.



a)



b)



c)

**Şekil 3.** a) Orijinal görüntü b) Görüntü içerisinde yama yerinin belirlenmesi c) Yamanın görüntüye yerleştirilmesi

İç boyama işlemi kaynak bölgelerden  $\Phi$  eksik bölgelere  $\Omega$  doğru gerçekleşir. Eksik bölgeler için kaynak bölge pikselleri ile doğrudan bir bağlantı bulunmayabilir (Aujol vd. 2010). Yama ile iç boyama işlemi yaptıktan sonra  $C(p)$  güven değeri Denklem 7'deki gibi sınırlandırılmış alanda güncellenir:

$$C(P) = C(P') \forall_p \in \Psi_p \cap \Omega \quad (7)$$

Denklem 7'deki güncelleme kuralı ile iç boyama yönüne doğru güven değerini günceller. İç boyama işlemi ilerledikçe güven değeri azalır.

### 2.3. Metrikler

İç boyama işleminden sonra görüntü kalitesinin belirlenmesinde üç farklı metrik kullanılmıştır. Bu metrikler sırasıyla Sinyal Gürültü Oranı (SGO), Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO) ve Yapısal Benzerlik İndeksi (YBİ) olmak üzere üç tanedir. SGO ve TSGO birbirine benzer ifadeler ile hesabı gerçekleştirilir. Bu çalışma kapsamında ortalama metrikler hesaplanmıştır. Denklem 8-9'da SGO ve TSGO metriklerin hesabı için gereken denklemler yer almaktadır.

$$SGO = 10 \log_{10} \left( \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - x_i|^2} \right) \quad (8)$$

$$TSGO = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - x_i|^2} \right) \quad (9)$$

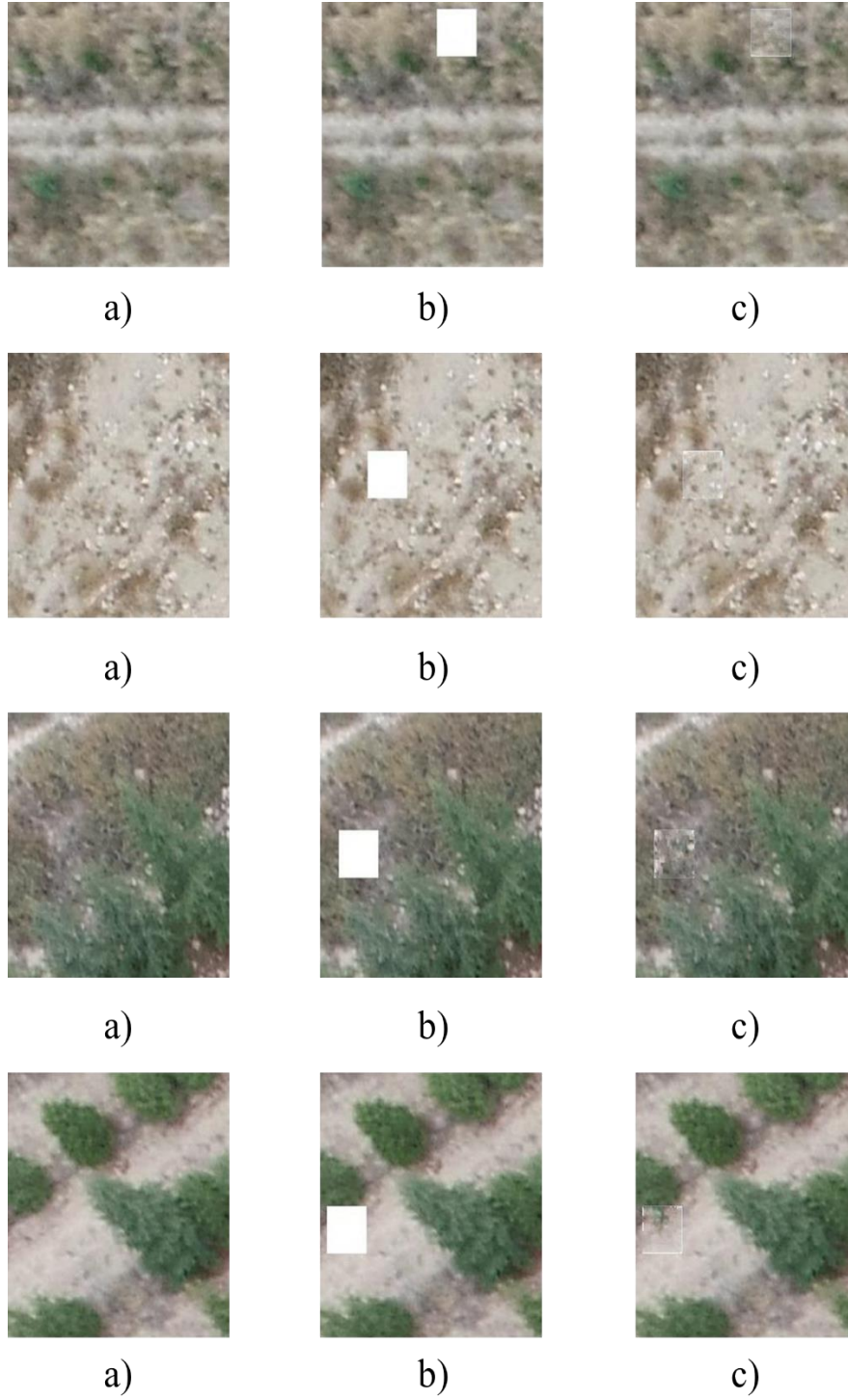
Denklemlerde bulunan  $x_i$  ve  $y_i$ , sırasıyla referans ve iç boyama işlemi görüntülerinin  $i$ . örnekleridir.  $N$ , toplam görüntü sayısını ifade eder. 255 değeri de 8 bit / piksel alabileceği maksimum değeri ifade eder. YBİ'nin ortalaması Denklem 10'da matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$YBI(x, y) = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N (2\mu_x \mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{\sum_{i=1}^N (\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (10)$$

Denklem 10'da  $\{\mu_x, \sigma_x\}$  ve  $\{\mu_y, \sigma_y\}$  ifadeleri referans ve iç boyama görüntülerinin ortalama ve standart sapmalarını gösterir.  $\sigma_{xy}$  ise çapraz korelasyonu ifade eder. İfade sıfıra doğru yaklaştığında kararsızlığını önlemek için  $C_1$  ve  $C_2$  terimi eklenir (Sangeetha ve Sengottuvelan 2012).

### 3. BULGULAR

Bu bölümde örnek tabanlı iç boyama yöntemi ile İHA görüntülerindeki eksik bölgelerin uygun bir şekilde doldurulması amaçlanmıştır. 173 İHA görüntüsünden elde edilmiş olan  $256 \times 256$  boyutlarında ve toplamda 6228 adet İHA görüntüsü için iç boyama işlemi gerçekleştirildi. Bu sayede çok sayıdaki görüntü üzerinde örnek tabanlı iç boyama işleminin performansı test edilmesi amaçlanmıştır. Karşılaştırmalı analiz için örnek tabanlı yöntemde yama boyutları  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$  ve  $9 \times 9$  şeklinde seçilmiştir. Analizler 3.3 GHz'lik Intel Core i7 işlemci gücüne ve 32 GB belleğe sahip bilgisayar üzerinde yapılmıştır. Belirtilen analizlerin tamamı Matlab 2019b programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'de örnek tabanlı iç boyama yöntemi kullanılarak iç boyama işlemi uygulanan İHA görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 4. a) Referans İHA Görüntüsü b) Eksik Bölgeye Sahip İHA Görüntüsü c) İç Boyama İşlemi Uygulanmış İHA Görüntüsü

Şekil 4'te gösterilen örnek tabanlı iç boyama işlemi sonucunda elde edilen İHA görüntüsü ile referans İHA görüntüsü birbirine oldukça benzemektedir. Mozaiklenmiş alan büyüdükçe eksik bölgelerin doldurulmasında daha fazla yama örnekleri kullanılarak iç boyama işlemi gerçekleştirilir. Tablo 1'de mozaikleme işleminde kullanılan İHA görüntüleri için ortalama görüntü kalite metrikleri olan SGO, TSGO, YBİ ve iç boyama işlem süreleri bulunmaktadır.

**Tablo 1.** Karşılaştırmalı analiz sonuçları

Yama Boyutları	SGO	TSGO	YBİ	Süre (s)
5×5	22.6927	21.7303	0.9843	33.52
7×7	22.5148	21.3184	0.9840	30.84
9×9	22.1010	21.1420	0.9824	27.18

Tablo 1'de elde edilen sonuçlar dikkate alındığında yama boyutu arttıkça örnek tabanlı iç boyama yönteminin başarısı azalırken yama boyutu

azaldıkça iç boyama performansının arttığı gözlemlenmektedir. İç boyama işlem süresinin yama boyuna göre ters orantıya sahip olduğu Tablo 1’de görülmektedir. En yüksek performans 5×5 yama boyutuna sahip iç boyama işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde 22.6927 dB SGO değeri, 21.7303 dB TSGO ve 0.9843 YBI değeri elde edilmiştir. En kötü performans ise 9×9 yama boyutuyla gerçekleştirilen iç boyama işleminde 22.1010 dB SGO değeri, 21.1420 dB TSGO ve 0.9824 YBI metrik değerleri ile en düşük performansa sahiptir. Yama boyutlarına göre işlem süreleri dikkate alındığında 9×9 yama boyutu ile 27.18 s sürede iç boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. 5×5 yama boyutu kullanıldığında ise 33.52 s ile en yüksek iç boyama süresi gerekmektedir. Elde edilen iç boyama süreleri dikkate alındığında yama boyutu artıkça iç boyama işlemi daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir.

İç boyama işleminde doldurulacak görüntünün alanına göre toplam iç boyama süresi değişkenlik gösterir. 173 adet İHA görüntüsü ile elde edilen ortomozaik görüntü boyutları 27786×37887

şeklindedir. 173 adet İHA görüntüsünün kullanılmasının ana nedeni ortomozaik görüntünün elde edilmesinde daha az süre gerektirmesidir. Ortomozaik görüntünün elde edilmesinde iç boyama gerçekleştirilmiş 6228 adet görüntünün kullanılmasının nedeni görüntü boyutlarının küçük olmasıdır. Görüntü boyutlarının küçük olması ve daha az özellik içermeleri nedeniyle mozaikleme işlemi 173 adet görüntü ile elde edilmiş olan ortomozaik görüntü üzerinde de gerçekleştirilmiştir. Bu ortomozaik görüntünün eksik bölgelerine iç boyama işleminin gerçekleştirilmesi için yüksek bellek hafızasına sahip donanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle ortomozaik görüntü 8×8 olacak şekilde 64 adet farklı alana bölünmüştür. Her bir alanın boyutu yaklaşık 3473×4736 şeklindedir. Alanların piksel boyutları birkaç piksel değişebilir. İç boyama işleminin daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için 29×29 boyutlarına sahip yamalar kullanılmıştır. Referans görüntü ve örnek tabanlı iç boyama işlemi ile elde edilen görüntü Şekil 5’te bulunmaktadır.



Şekil 5. a) Ortomozaik Görüntü b) Örnek tabanlı İç Boyama Yöntemi Uygulanmış Ortomozaik Görüntüsü

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada SYM modelinde kullanılmak üzere ortomozaik görüntüde yer alan eksik bölgeleri doldurmak amacıyla örnek tabanlı iç boyama tekniğinin detaylı analiz sonuçlarına yer verilmiştir. İç boyama işleminde kaynak alanlardan alınan spektrometrik bilgiyi değerlendirerek eksik bölgeleri tekrardan yapılandırması gerçekleştirilir. Örnek tabanlı iç boyama işleminde kaynak bölgelerin eksik bölgeler ile ilgili bilgileri kısmi olarak içermesi gerekmektedir. Kaynak bölgelerin

fazla olması bu bilgilerin artmasını sağlar. Ortomozaik görüntü için örnek tabanlı iç boyama tekniği ile ortalama görüntü kalite metrikleri oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yama boyutu azaldıkça görüntü kalitesinin daha arttığı fakat işlem süresinin arttığı anlaşılmaktadır. İç boyama işlemi uygulanmış mozaiklenmiş ortomozaik görüntülerinde eksik bölgelerin doldurulması ile haritalama işlemi ve SYM için oldukça faydalı bilgiler vermektedir.

**KAYNAKÇA**

- Aujol J.F., Ladjal S. ve Masnou S. (2010). Exemplar-Based Inpainting from a Variational Point of View. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 42, 1246–1285.
- Ballester C., Bertalmio M., Caselles V., Sapiro G. ve Verdera J. (2001). Filling-in by joint interpolation of vector fields and gray levels. *IEEE Trans Image Processing*, 10, 1200-1211.
- Bertalmio, M., Sapiro, G. ve Caselles, V. (2000). Image inpainting. *Proc. Computer Graphics*, 417–424.
- Bertalmio, M. (2003). Simultaneous Structure and Texture Image Inpainting. *IEEE Transactions on Image Processing*, 12 (8), 882-889.
- Chen, J.Q., Pappas, T.N. ve Mojsilovic, A. (2005). Adaptive perceptual color-texture image segmentation. *IEEE Trans. Image Process.*, 14 (10), 1524–1536.
- Criminisi, A. (2004). Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(9),1200-1212.
- Efros, A. A. ve Freeman, W. T. (2001). Image quilting for texture synthesis and transfer. *SIGGRAPH, ACM*, 152–156.
- Fang Z. (1990). A Systolic Tree-Search Vector Quantizer for Real-Time Image Compression. *Proc. VLSI Signal Processing IV IEEE Press*.
- Fawzi, A., (2016). Image Inpainting Through Neural Networks Hallucinations. *Image, Video, and Multidimensional Signal Processing Workshop (IVMSP)*.
- Kaiming, H. ve Sun, J. (2012). Statistics of Patch Offsets for Image Completion. *12th European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
- Komodakis, N. ve Tziritas, G. (2007). Image completion using efficient belief propagation via priority scheduling and pruning. *IEEE Trans. Image Process.*, 16 (11), 2649–2661.
- Levina E. ve Bicke P. (2006). Texture synthesis and non-parametric resampling of random fields. *Ann Statist.* 34, 1751–1773.
- Luedeling E., Siebert S., ve Buerkert A. (2007). Filling the voids in the SRTM elevation model—A TIN-based delta surface approach. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 62 (4), 283–294.
- Rares A., Reinders M.J.T., ve Biemond J. (2005). Image inpainting using feature based method. *IEEE Trans. on image processing*,14(10) ,1454-1468.
- Reuter H. I., Nelson A., ve Jarvis A. (2007). An evaluation of void-filling interpolation methods for SRTM data. *Int. J. Geograph. Inf. Sci.*, 21(9), 983–1008.
- Sangeetha K. ve Sengottuvelan P. (2012). An Extended Exemplar Based Image Inpainting Technique For Effective Region Filling Using Texture Primitive. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, Vol. 4 No. 06, 2641-2646.
- Shepard D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularlyspaced data. *Proc. 23rd ACM Nat. Conf.*, 517–524.
- Skytt V., Barrowclough O., ve Dokken T. (2015). Locally refined spline surfaces for representation of terrain data. *Comput. Graph.*, 49, 58–68.



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>