

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RESİM VE VIDEO GÖRÜNTÜLERİNDEKİ İSTENMEYEN CİSİMLERİN  
ÖRNEK TABANLI İÇBOYAMA YÖNTEMİYLE ÇIKARILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik–Elektronik Müh. Meliha Ece GÜRBÜZ**

**AĞUSTOS 2006  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RESİM VE VIDEO GÖRÜNTÜLERİNDEKİ İSTENMEYEN CİSİMLERİN  
ÖRNEK TABANLI İÇBOYAMA YÖNTEMİYLE ÇIKARILMASI**

**Elektrik–Elektronik Müh. Meliha Ece GÜRBÜZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Elektronik Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31.07.2006  
Tezin Savunma Tarihi : 21.08.2006**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali GANGAL**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Murat EKİNCİ**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT**

**Trabzon 2006**

## ÖNSÖZ

“Resim ve Video Görüntülerindeki İstenmeyen Cisimlerin Örnek Tabanlı İçboyama Yöntemiyle Çıkarılması” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Görüntülerde içboyama yöntemlerinin uygulanışı teknik olarak 2000 yılında başlamıştır. Başlangıçta sadece eskimiş resimlerin onarılması için düşünülmüş olan bu yöntem günümüzde bozulmuş film ve fotoğrafların onarılması, görüntü ölçekleme uygulamaları, televizyon görüntülerindeki istenmeyen logoların, lekelerin, cisim görüntülerinin veya yazıların mevcut görüntüde bir bozulma oluşturmadan kaldırılması, sayısal video iletiminde ortaya çıkabilecek blok kayıplarından kaynaklanan bozulmaların yok edilmesi gibi birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde bu alanda yapılan çalışmaların yoğunluğuna bakarak gelecekte de içboyama çalışmalarının imge ve video işlemede önemli bir yere sahip olacağını düşünmekteyim. Güncel ve üzerinde çalışıldıkça insanlık yararına daha birçok kolaylıklar getireceğine inandığım bu alanda çalışmanın ve bu alana küçük de olsa bir katkıda bulunmuş olmanın mutluluğunu yaşamaktayım.

Bu çalışmanın hazırlanmasında yüksek lisans öğrencisi olmaktan onur duyduğum, öğrencilik hayatımda en sevdiğim hocam ve çok değer verdiğim büyüğüm olan sayın Yrd. Doç. Dr. Ali GANGAL'ın rolü büyüktür. Kendisine lisans öğrenimimden bu yana bana gösterdiği ilgi, anlayış ve kazanmamda büyük rolünün olduğuna inandığım çalışma isteği için büyük minnet borçluyum. Kendisine teşekkür ediyor, saygılarımı sunuyorum. Benden kilometrelerce uzakta olmalarına karşın varlıklarını an ve an bir nefes kadar yakınımda hissettiğim, en sıkıntılı anlarımda hep yanımda bulduğum, doğumumdan buyana benden desteklerini hiç esirgemeyen bu dünyadaki en değerli varlıklarım olan aileme de sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunuyorum. Ayrıca bu tezin yazım ve basım aşamasında yukarıda ismini veremediğim emeği geçen bütün herkese çok teşekkür ediyorum.

Meliha Ece GÜRBÜZ

Trabzon 2006

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Görüntü İçboyamada Doldurma Sırasının Önemi.....	4
1.3. Örnek Tabanlı İçboyama Yöntemi ve Bu Yöntemin Yeterlilikleri.....	5
1.4. Örnek Tabanlı Görüntü İçboyama Yöntemi.....	7
1.4.1. Yama Önceliklerinin Hesaplanması.....	8
1.4.2. Doku Ve Yapı Bilgilerinin Yayınımı.....	13
1.4.3. Güven Değerlerinin Güncellenmesi.....	14
1.4.4. Görüntü İçboyama Algoritmasının Bazı Özellikleri.....	14
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
2.1. Giriş.....	16
2.2. Önerilen Yöntem.....	16
2.3. Yapılan Deneysel Çalışmalar.....	22
2.3.1. Arka Planı Sabit Görüntü Dizilerinde Yapılan Çalışmalar.....	22
2.3.2. Arka Planı Hareketli Görüntü Dizilerinde Yapılan Çalışmalar.....	24
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
3.1. Arka Planı Sabit Görüntülerde Elde Edilen Bulgular.....	27
3.2. Arka Planı Hareketli Görüntülerde Elde Edilen Bulgular.....	34

4.	SONUÇLAR .....	42
5.	ÖNERİLER .....	43
6.	KAYNAKLAR.....	44
	ÖZGEÇMİŞ.....	46

## ÖZET

Bu çalışmada resim ve video görüntülerinde istenmeyen cisimlerin (logo, leke, reklam yazısı, veya herhangi bir cisim görüntüsü gibi) mevcut görüntüde fark edilir bir bozulma oluşturmadan kaldırılması konusu incelenmiştir. Bu doğrultuda sabit görüntü ve fotoğraflar için kullanılan örnek tabanlı doku sentezine dayanan görüntü içboyama yöntemi, video görüntüleri için yeniden düzenlenmiş ve geliştirilmiştir.

Video görüntülerindeki cisimlerin sabit görüntülerden daha başarılı olarak yok edilebilmesine karşın, burada yapılan çalışmalar süresince video akışı devam ederken gözü rahatsız edici bir takım kıpırtıların olduğu gözlenilmiştir. Bu sorunu gidermek için bir uzamsal-zamansal medyan süzgeç ve uzamsal-zamansal ortalama süzgeç kullanılmıştır.

Bu çalışma sonuçları diğer görüntü içboyama yöntem sonuçlarıyla birçok uygulamada karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar ağırlıklı olarak bu çalışmayla yakın algoritmaların kullanıldığı örnek tabanlı doku sentezine dayanan görüntü içboyama yöntemiyle yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda bu çalışmada önerilen içboyama yönteminin mevcut diğer içboyama yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü İçboyama, Örnek Tabanlı Doku Sentezine Dayanan Görüntü İçboyama, Logo Yok Etme, Görüntü Onarma, Uzamsal-Zamansal Süzgeçleme, Medyan Süzgeçleme, Ortalama Süzgeçleme

## SUMMARY

### **Removing Unwanted Objects From Photographs and Video Images by An Exemplar Based Image Inpainting Method**

In this dissertation the subject of removing unwanted objects (example logos, stains, advertisement writings or any kind of images of objects etc.) from photographs and video images without generation any perceivable deformity is handled. For this aim an exemplar based image inpainting method that is used for stable images and photographs is reconstructed and developed for video images.

Although the results of removing objects in video images are better than removing objects in stable images same annoying dithers are observed while the flow of video is continuing. To solve this problem a spatial and temporal median filter and a spatial and temporal mean filter are used .

This dissertation results are compared with other image inpainting methods' results and especially with the exemplar based image inpainting method which has close algorithm to ours. After the comparison it is observed that our results are more favorable from those obtained by existing other image inpainting techniques.

**Key Words:**Image Inpainting, Exemplar Based Image Inpainting, Erasing Video Logos, Image Enhacement, Spatial and Temporal Filtering, Median Filtering, Mean Filtering

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.	Blok tabanlı doldurmada doldurma sırasının önemi..... 5
Şekil 2.	Örnek tabanlı içboyanma yönteminin işlem adımları..... 6
Şekil 3.	Yama önceliklerinin hesaplanması ..... 8
Şekil 4.	Güven ve veri değerlerinin doldurma işleyişine etkisi..... 11
Şekil 5.	Görüntü içboyamada ortaya çıkabilecek kırık yapı bozuklukları ..... 12
Şekil 6.	Görüntülerden büyük cisimlerin çıkarılması ..... 13
Şekil 7.	Ardışıl üç görüntü karesini kullanarak yapılan çerçeveler arası arama ..... 17
Şekil 8.	Uzamsal zamansal “1x2x3” lik süzgeç ..... 20
Şekil 9.	Uzamsal zamansal “3x3x3” lük süzgeç..... 21
Şekil 10.	Arka planı sabit bir görüntü dizisinden alınan bir görüntü..... 22
Şekil 11.	Şekil 10’da verilen görüntünün üzerine yapay logo oluşturulmuş hali..... 23
Şekil 12.	Arka planı hareketli bir görüntü dizisinden alınan bir görüntü ..... 24
Şekil 13.	Şekil 12.’nin üzerindeki özgün logolu bölge boyanarak elde edilmiş görüntü ..... 25
Şekil 14.	Şekil 12’in üzerindeki özgün logonun dışında yapay bir logo daha oluşturulmuş görüntü..... 26
Şekil 15.	Arka planı sabit video görüntülerinde elde edilen deneysel sonuçlar ..... 28
Şekil 16.	Arka planı sabit görüntülerde uygulanan değişik boyutta uzamsal zamansal süzgeç sonuçları ..... 32
Şekil 17.	Arka planı sabit görüntülerde bu çalışmada önerilen yöntem sonuçlarıyla, [14] çalışmasında önerilen yöntem sonuçlarının yapılan mutlak karesel hata miktarı bakımından karşılaştırılması ..... 33
Şekil 18.	Arkaplani hareketli video görüntülerinde elde edilen deneysel sonuçlar ..... 35
Şekil 19.	Arka planı hareketli görüntülerde uygulanan değişik boyutta uzamsal zamansal süzgeç sonuçları..... 39
Şekil 20.	Asıl logo dışında kalan başka bir bölgesinde yapay logo oluşturulmuş özgün görüntü..... 40
Şekil 21.	Arka planı hareketli görüntülerde bu çalışmada önerilen yöntem sonuçlarıyla, [14] çalışmasında önerilen yöntem sonuçlarının yapılan mutlak karesel hata miktarı bakımından karşılaştırılması..... 41



## SEMBOLLER DİZİNİ

- $A_{\Psi_p}$  :  $\Psi_p$  yamasının alanı
- $C(p)$  :  $\Psi_p$  yamasının güven değeri
- $D(p)$  :  $\Psi_p$  yamasının veri değeri
- $I$  : Bütün görüntü karesi
- $I_{n-1}$  : Bir önceki görüntü karesi
- $I_n$  : Şu anki görüntü karesi
- $I_{n+1}$  : Bir sonraki görüntü karesi
- $I_p(x)$  :  $x$  yönündeki görüntü gradyan değeri
- $I_p(y)$  :  $y$  yönündeki görüntü gradyan değeri
- $n$  : Görüntü numarası
- $n_p$  :  $p$  noktasındaki birim vektör
- $p$  : Hedef bölge ön doldurulacak sınır( $\partial\Omega$ ) üstündeki bir nokta
- $p'$  : Doldurulacak yamadaki( $\Psi_{\hat{p}}$ ) imgecik değerlerinin her biri
- $P(p)$  :  $\Psi_p$  yamasının öncelik değeri
- $\Omega$  : Hedef bölge
- $\partial\Omega$  : Hedef bölge sınırı
- $\Phi$  : Kaynak Bölge
- $\Phi_{n-1}$  : Bir önceki görüntü karesindeki kaynak bölge
- $\Phi_n$  : Şu anki görüntü karesindeki kaynak bölge
- $\Phi_{n+1}$  : Bir sonraki görüntü karesindeki kaynak bölge
- $\perp$  : Dikgen operatörü
- $\nabla I_p$  :  $p$  noktasındaki parlaklık gradienti
- $\Psi_{\hat{p}}$  : Hedef bölgedeki doldurulması en yüksek olasılıklı olan yama
- $\Psi_p$  :  $p$  noktası merkezli hedef bölgedeki doldurulacak bloklardan birisi

$\Psi_{q'}$  : Kaynak bölgede  $\Psi_{\hat{p}}$  ile eşleşme sağlaması muhtemel olan yama

$\Psi_{q''}$  : Kaynak bölgede  $\Psi_{\hat{p}}$  ile eşleşme sağlaması muhtemel olan yama

$\Psi_{\hat{q}}$  : Kaynak bölgede  $\Psi_{\hat{p}}$  ile en iyi eşleşme sağlayan yama

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

İçboyama; görüntünün istenmeyen bir bölümünü bu bölüm dışında kalan görüntü bölgesinden sağlanılan uygun imgeciklerle doldurulup kişinin istekleri doğrultusunda yeni bir görüntünün elde edilmesi işlemidir. İçboyama yapılırken özgün görüntüde yapılan değişikliklerin görüntünün aslını bilmeyen bir kişinin algılayamayacağı kadar bu özgün görüntüyle uyumlu olması amaçlanır.

İçboyama yöntemini dünyaya ilk duyuran bilimsel çalışma M. Bertalmio'nun [1] çalışmasıdır. Ancak bahsi geçen bu çalışmadan çok önceleri de bazı usta ressamlar tarafından sanat değeri taşıyan tarihi resimlerde çeşitli onarma işlemleri yapılırken bu yöntem kullanılıyordu. Sadece yapılan işlemin adı konulmamıştı. O yıllarda bilgisayar kullanımı yaygın olmadığı için bir resmin düzeltilmesi aylar hatta yıllar alıyordu. Bu ciddi bir zaman dilimi demektir. Günümüzde geliştirilen içboyama yöntemleriyle bu süre dakikalara hatta saniyelere indirilmiştir.

Görüntü ve video işlemede son zamanlarda artarak devam eden gelişmeler içerisinde içboyama yöntemleri yukarıda bahsi geçen resimlerin onarılmasından başka birçok uygulama alanı daha bulmaktadır. Örnek olarak, bozulmuş film ve fotoğrafların onarılması, görüntü ölçekleme uygulamaları, televizyon görüntülerinde istenmeyen logoların, lekelerin, cisim görüntülerinin veya yazıların mevcut görüntüde bozulma oluşturmadan yok edilmesi, sayısal video iletiminde ortaya çıkabilecek blok kayıplarından kaynaklanan bozulmaların yok edilmesi gibi uygulamalar gösterilebilir.

Görüntü içboyama konusunda 2000 yılından günümüze uzanan teknik çalışmalarda genellikle eski resimlerin onarılması hedeflenmiştir. Video görüntüleri üzerindeki uygulamalar ise genellikle bir sabit kamera görüntüsünden herhangi bir cismin yok edilmesini hedeflemektedir. Bu tür videolarda arka plan görüntüsü değişmediği için cismin kaldırılması gayet başarılı sonuçlar verebilmektedir.

Görüntü içboyama için geliştirilen yöntemler genel olarak, germeye dayalı [2], örüntü tekrarına dayalı [3-13] ve örnek tabanlı [3, 5-7, 10] yöntemlerdir. Günümüze kadar yapılmış içboyama çalışmalarının en gözdesi ise örnek tabanlı doku sentezine dayanan [14] çalışması olmuştur.

[14] çalışmasında önerilen görüntü içboyama yaklaşımı geliştirilmeden önce araştırmacılar doku sentezini geniş görüntü bölgelerini iki boyutlu saf doku parçalarını rasgeleliği azaltılmış bir şekilde tekrarlı olarak oluşturmak için kullanılan bir araç olarak görüyorlardı. Bu yaklaşım da tekrarlı doku arayan ve kaynak dokudan küçük kaynak örnekleri alan geniş bir doku\_sentez araştırmasına dayanmaktaydı [3-13]. Verilen bu çalışmalardan örnek tabanlı tekniğe özel ilgi gösteren ve kaynak bölgesinden renk değerlerini kopyalayıp örnekleyerek daha uygun ve verimli bir şekilde yeni doku üreten çalışmalar [3, 5-7, 10] olmak üzeredir. Ancak bahsi geçen bu çalışmalar sabit ve tekrarlı dokuları tekrarlarlarken verdikleri iyi sonucu gerçek hayatta karşımıza çıkan ve çoğunlukla lineer ve uzamsal olarak etkileşimli olan ve birçok farklı dokunun birleşiminden oluşmuş görüntülerde verememektedirler [15].

Ana olarak bahsi geçen bu kötü sonuçlara görüntü alt bölgeleri arasındaki farklı dokularla karşılıklı etkileşim sonucu oluşmuş karmaşık sınırlar neden olmaktadır.

Görüntü tamir etmede özel olarak görüntü içboyama için oluşturulmuş birçok algoritma mevcuttur. Bu algoritmalar ilgili görüntüden çeşitli leke, karalama, üst üste gelmiş metin ve simgelerin yok edilmesi gibi görevlerde kullanılabilirler [1, 16-19]. Bu görüntü içboyama teknikleri görüntüdeki boşlukları içeren doldurulacak hedef bölgeyi bu bölgeye doğru eş değerli lineer yapıları yayılım yoluyla yayarak doldururlar. Bahsi geçen bu lineer yapılar görüntü yamama kaynaklarında “izotop” olarak adlandırılmışlardır.

[1, 16-19] daki araştırmacılar fiziksel ısı akışının kısmi diferansiyel eşitliklerinden etkilenmişler ve bunun görüntü tamir etme algoritması olarak kullanılabilmesine inanarak çalışmışlardır. Fakat yapılan bu çalışmalarda yayılım esnasında, çalışılan görüntüde bulanıklaşma oluşmuş ve bu bulanıklaşma doldurulacak alan genişledikçe daha fark edilir düzeye çıkmıştır.

[14] çalışmasında uygulanan teknik ise yukarıda bahsi geçen iki yaklaşımın güçlerinin birleşiminin kullanılmasını mümkün kılan etkili bir algoritmayı kullanmaktadır. Bu teknikte görüntü içboyamayla doğrusal yapılara özel bir ilgi gösterilmiştir. Ancak doğrusal yapıların hedef bölgeyle olan ilişkisi sadece doldurma sırasını belirlemek için oluşturulmuş bir örnekleme tabanlı doku sentezleme algoritmasında çekirdekte ne olacağını belirleme aşamasında olmakla sınırlıdır. Doğrusal yapıların da devreye girmesiyle doku sentezlemeden daha etkili ve nitelikli performansla sahip bir algoritma ortaya çıkmıştır. Fakat bu durum aynı zamanda görüntüyü doğrusal yapılarla çevrili olmaya zorlamayı da beraberinde getirmiştir.

[14] çalışmasında önerilen içboyama yaklaşımı benzer çizgiler üstüne kurulmuş, yakın geçmişte yapılmış bazı çalışmalara dayanmaktadır. Aşağıda bu çalışmalar hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

[20] çalışmasında özgün görüntü iki ana bileşene ayrılmıştır. Bu bileşenlerden birisi görüntü içboyama ile işlenirken diğeri doku sentez yöntemiyle işlenir. Çıkış görüntüsü işlenmiş bu iki bileşenin toplamıdır. Ancak bu yaklaşımda da doldurulmuş hedef bölgesinde yayınımdan kaynaklanan bulanıklaşmalar oluşmaktadır. Ayrıca doldurulacak hedef bölge alanı büyüdükçe bu yöntemle elde edilen görsel sonuçlar da kötüleşmektedir.

[21] çalışmasında “saf doku” ve “saf yapı” modları arasında kullanılmak üzere otomatik bir anahtarlama düzeni kullanılmıştır. [14] çalışmasında ise bu tarz ilave bir düzenden kaçınılmıştır.

[20] çalışmasına benzer olarak [22] çalışmasında ilgili araştırmacılar içboyama yapılacak kısmı doldurabilmek için örnek\_taban doku senteziyle düzgün bir yaklaşım serpiştiren bir algoritma tanımlamışlardır. Ancak [20] çalışmasında kullanılan algoritma gibi [22] deki algoritma da gerçekten çok yavaş koşmaktadır. (384 x 256 lık bir görüntüyü işleme 83 ile 158 dakika arasında değişen bir zaman almaktadır.) Ayrıca bu çalışmalarda da bulanık yapay dokular ortaya çıkabilmektedir. [14] çalışmasında ise bulanık yapay dokulardan sıkıntı çekmeyen daha basit ve hızlı bir bölge doldurma algoritması kullanılmıştır.

Özellikle görüntüde herhangi bir nesnenin yok edilmesi için örnek\_tabanlı sentezleme yöntemine ilk yaklaşımlardan birisi Harison’un [23] çalışmasıdır. Harison’un bu çalışmasında hedef bölgedeki doldurulacak bir imgeciğin doldurma sırası komşu imgeciklerin dokusallık düzeyleriyle belirlenmektedir. Ancak ilgili çalışmada başlangıçta görüntüye gürültü ekleme de yapıldığından en küçükleme işlemi için fazladan hesaplama işlemine gereksinim duyulmaktadır.

[24] çalışmasında ise hedef alt bölge şekli tarafından oluşturulmuş bir doldurma sırası kullanılmıştır. Fakat bu çalışmada da doğrusal yapıları yaymak için uğraşılmamıştır.

Jia’nın [25] çalışmasında doldurulacak görüntü bölgelerini bir doku bölümlenme adımı ve doldurulacak bölgedeki karşılıklı yapıları düzgün bir şekilde birleştirmek için kullanılan zamansal bildirim algoritmasına dayandıran bir teknik kullanılmıştır. Bu yaklaşımın eğri yapıları sentezleyebilme özelliği onun için gerçekten iyi bir üstünlüktür. Ancak bu yaklaşım karakterize edilirken iki sorun ortaya çıkmıştır. Bu sorunlar; algoritmanın kötü tanımlı bir bölümlenme ön işlemine dayanması ve önerilen algoritmanın sadece doku

bölümleri arasındaki sınırları dikkate almış olmasıdır. Halbuki dikkate alınan bu kısımlar görüntüdeki gerçek yapılara mutlaka uyacak diye bir kural yoktur. [14] çalışmasında ise görüntü yapıları direk ve verimli olarak hedef bölgeye yayılır ve bölümlene ihtiyacını gereksiz kılar.

Son olarak Zalesny'nin [15] çalışmasında, bileşik dokularda paralel sentez için ilginç bir yöntem önerilmiştir. İlgili çalışmada bileşik iki doku arayüzünü sentezleyebilmek için özel amaçlı bir çözüm bulunmuştur. [14] çalışmasında ise sadece bir mekanizmanın hem saf hem de bileşik dokular için yeterli olabileceği gösterilmiştir.

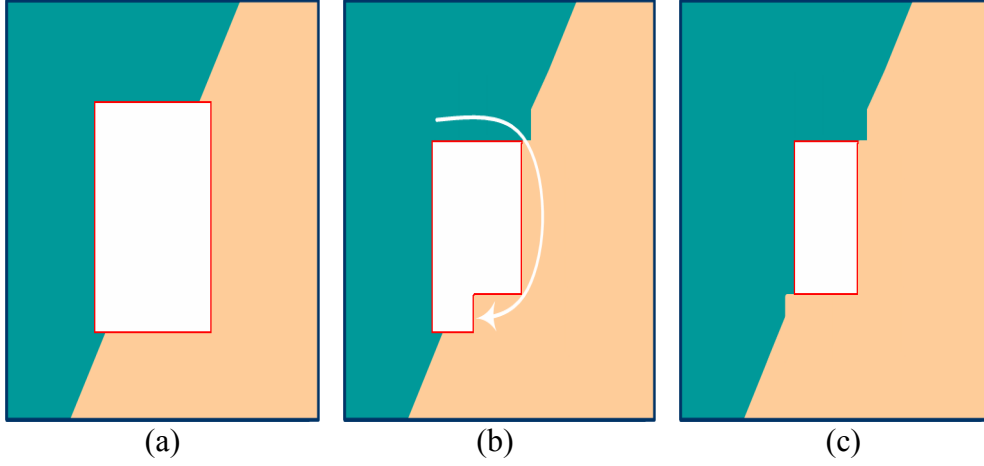
## 1.2. Görüntü İçboyamada Doldurma Sırasının Önemi

Bu bölümde kaldırılacak hedef bölgesi görüntü içboyama yardımıyla doldurulmuş çıkış görüntüsünün uygulanan içboyama algoritmasındaki doldurma sırasından büyük ölçüde etkilendiği gösterilecektir.

Eş merkezli katman içboyama blok tabanlı doldurmayla birleştirilince Şekil 2.(c)'de görüleceği gibi çıkış görüntüsünde büyük kırılmalar ortaya çıkabilmektedir. İlgili görüntüde eş merkezli katman içboyama, çapraz görüntü kenarlarının yeniden oluşturulumu aşamasında yapay dokular üretmiştir. Buradan anlaşılacağı üzere parametrik olmayan doku sentezlerinde doldurma sırası hayati öneme sahiptir. Şekil 1.(a)'da gösterilen görüntü ayırtlarının kılavuzluğunda önceliği belirlenen bir içboyama algoritması buradaki sorun için uygun olacaktır.

[14] çalışmasında önerilen örnek tabanlı doku sentezine dayanan görüntü içboyama yaklaşımı geleneksel eş merkezli katman yaklaşımlarını karakterize etme ve aşağıda belirtilen ideal içboyama yaklaşımının özelliklerini sağlamada başarılı olmuştur. Bahsi geçen bu özellikler aşağıda sıralanmıştır:

1. Lineer yapıların doğru bir şekilde yayılması
2. Hedef bölgedeki şekil değişikliklerine karşı dirençli olunması
3. Tek ve verimli bir algoritmayla eş zamanlı yapı ve doku bilgisi yayılımı dengesinin sağlanması



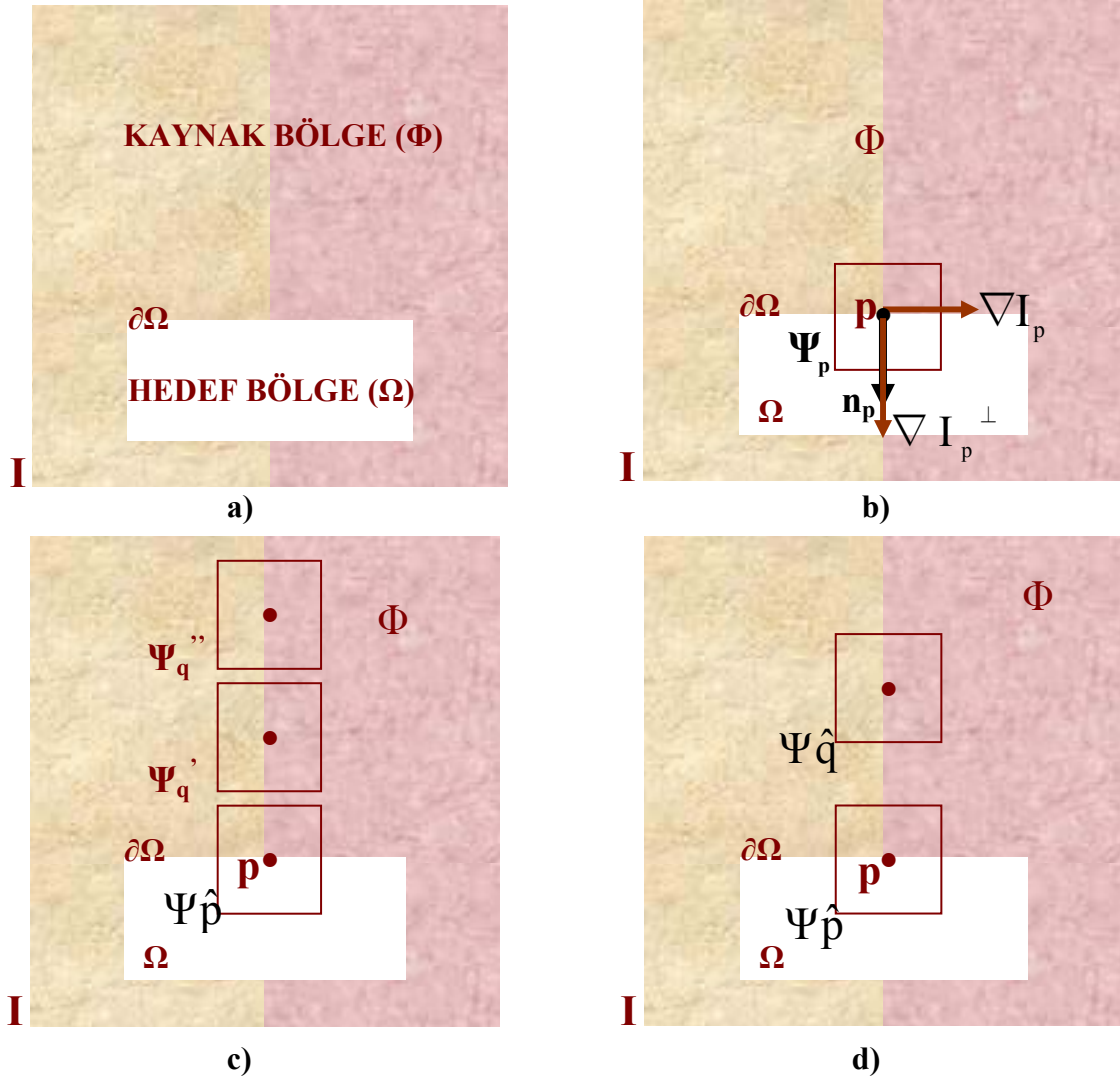
Şekil 1. Blok tabanlı doldurmada doldurma sırasının önemi (a) beyaz ile gösterilmiş hedef bölge, (b) hedef bölge en dış katmanının bir bölümünün saat dönme yönünde işleyen soğan soyma yaklaşımı algoritmasıyla sentezlenmiş hali, (c) doldurma işleminin daha ileri bir aşamasında saat dönme yönünde uygulanmış soğan soyma yöntemiyle içboyanan görüntüde en dış tabakadan kalan kısım

Bir sonraki bölümde bu çalışmanın temelini oluşturan örnek tabanlı içboya yöntemi hakkında daha detaylı bilgi verilecektir.

### 1.3. Örnek Tabanlı İçboya Yöntemi ve Bu Yöntemin Yeterlilikleri

Bu çalışmada önerilen yöntemin temelinde örnek tabanlı görüntü içboya yaklaşımı [14] yatmaktadır. Bu yaklaşımının [14] temelinde ise bir izotop sürücü görüntü örnekleme işlemi bulunmaktadır. Bu yaklaşımda izotopları ele almak için ek bir sentez mekanizması gerekmemektedir (Şekil. 2).

Bu çalışmada karşılaştırma kolaylığı olması açısından konuyla ilgili çalışanların yaygın olarak kullandığı standart notasyonlar kullanılmıştır. Buna göre kullanılan bazı notasyonlar verilecek olursa; doldurulacak görüntü bölgesi yani hedef bölge " $\Omega$ ", Kaynak Bölge " $\Phi$ " ve hedef bölge sınırı da " $\partial\Omega$ " ile gösterilmiştir. Algoritma ilerledikçe " $\partial\Omega$ " içe doğru yayılmakta ve değişmektedir. Bu sebeple her iterasyonda onun değişmiş hali olan "ön doldurulacak sınır" referans olarak alınır. Kaynak Bölge ( $\Phi$ ) algoritma boyunca sabit kalır ve doldurma işleminde kullanılacak gerekli örnekleri sağlar.



Şekil 2. Örnek tabanlı içboyanma yönteminin işlem adımları a) özgün görüntü, b)  $\partial\Omega$  üstündeki  $p$  noktası merkezli bir  $\Psi_p$  yamasının veri değeri hesaplaması, c) doldurulacak öncelikli yamaya ( $\Psi_{\hat{p}}$ ) kaynak bölgede en uygun eşleşmeyi sağlayabilecek yamaların ( $\Psi_q'$ ,  $\Psi_q''$ ) belirlenmesi, d) kaynak bölgede içboyanmada kullanılacak en uygun yamanın ( $\Psi_{\hat{q}}$ ) seçilmesi

Yapı ve dokuların birbirleriyle nasıl uyum içerisinde idare edildiğini göstermek için örnek tabanlı doku sentezine dayanan görüntü içboyanma yaklaşımında kullanılan algoritmanın tek bir iterasyonu ele alınacak olursa şunlar söylenebilir:

Doldurulacak görüntü bölgesi merkezi “ $p$ ” noktasında olan karesel bir “ $\Psi_{\hat{p}}$ ” yaması olsun ( $\Psi_{\hat{p}} \cap \Omega$ ) (Şekil 2.c). Kaynak bölgesinde bu  $\Psi_{\hat{p}}$  yamasına en benzer yama aranır.



Bu benzer yamaların görüntü kenar devamı boyunca uzanmış oldukları farz edilir. En iyi eşleşmenin sağlanılacağı düşünülde bu bölgede  $\Psi_q'$  ve  $\Psi_q''$  sembolleriyle gösterilen ve  $\Psi_{\hat{p}}$  ile eşleşme sağlanması muhtemel olan yamalar belirlenir (Şekil 2.c). Daha sonra bu yamaların arasından  $\Psi_{\hat{p}}$  yamasıyla en fazla benzerlik gösteren  $\Psi_{\hat{q}}$  yaması seçilir.  $\Psi_{\hat{q}}$ ,  $\Psi_{\hat{p}}$  yamasının zaten doldurulmuş olan kısımlarıyla en fazla benzerlik gösteren yamadır. Bu yama bulunduktan sonra  $\Psi_{\hat{q}}$ ,  $\Psi_{\hat{p}}$  nin yerine kopyalanır. Bu işlem bütün hedef bölge doldurulana dek otomatik bir şekilde devam eder.

Anlaşılacağı üzere izotopları içe doğru yaymak için gereken tek şey kaynak bölgede en iyi eşleşmeyi sağlayan yamadan basitçe bir örüntü geçişi yapmaktır.

Örnek tabanlı içboyama yönteminde piksel tabanlı doldurma yaklaşımı yerine blok tabanlı doldurma yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu da mevcut algoritmanın hızını arttırıcı bir etkidir.

#### 1.4. Örnek Tabanlı Görüntü İçboyama Yöntemi

Öncelikle eldeki hazır görüntüde kaldırılacak ve yeri doldurulacak bir hedef bölge( $\Omega$ ) elle seçilir. Kaynak Bölgesi( $\Phi$ ); bütün görüntüden( $I$ ) hedef bölgesi( $\Omega$ ) çıkarıldıktan sonra elde kalan alan olarak tanımlanabilir( $\Phi=I-\Omega$ ). Bu bölge ilgili hedef bölge çevresindeki genişletilmiş bir bant veya kullanıcı tarafından belirlenmiş bir alan olabilir. Daha sonra bütün örnek tabanlı doku sentez yöntemlerinde olduğu gibi doldurulacak ilk yamanın( $\Psi_p$ ) boyutları belirlenmelidir. Bu çalışmada “13x13” lük bir yama kullanılmıştır. Uygulamada yöntemi uygulayan kişi bu yama boyutunu kaynak bölgesindeki fark edilebilir en küçük doku elemanından biraz daha büyük seçebilir. Bu parametreler belirlendikten sonra hedef bölgesini doldurma işlemi otomatik olarak devam edecektir.

[14] çalışmasında önerilen ve bu çalışmada da kullanılan içboyama yaklaşımında her imgecik, eğer doldurulmamışsa “boş” olarak alınacak şekilde bir renk değerine ve bir imgecik doldurumu süresince sabit kalan ve üzerindeki güveni yansıtan bir güven değerine sahiptir.

Algoritma işleyişi sürecinde ön doldurulacak sınır boyunca uzanan yamalara ayrıca verilen geçici öncelik değerleri doldurulacak olan yama sırasını belirlemektedirler.

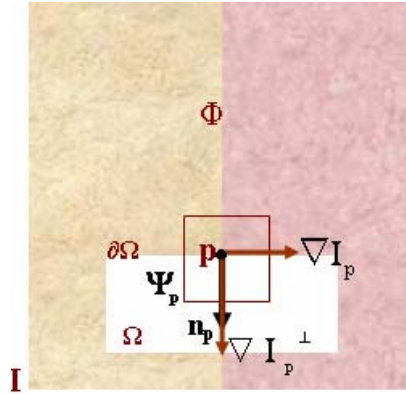
Daha sonra algoritma, aşağıda verilen üç işlem adımını hedef bölgedeki bütün imgecikler doldurulana dek tekrarlıyacaktır.

### 1.4.1 Yama Önceliklerinin Hesaplanması

Örnek tabanlı içboyama algoritması, tamamen ön doldurulacak sınır üstündeki her bir yamaya atanmış öncelik değerine dayanan ve en iyi olan en önce doldurulsun mantığına sahip bir sentezleme görevini yerine getirmektedir. Öncelik hesaplaması aşağıdaki yamalarda yapılmaya meyillidir:

1. Güçlü görüntü ayrıtlarının devamı üstünde olan
2. Yüksek\_güven imgecikleri ile çevrilmiş yamalar üstünde olan

Yukarıda verilen iki maddeye ek bir doldurma eğilimi de birçok imgeciği zaten doldurulmuş olan yamaları daha önce doldurmaya yöneliktir. Bu durum öncelik seçimini ön doldurulacak sınır üstündeki belli geometrik şekli olan yamalara yönelmektedir. Örneğin, köşe ve hedef bölgenin ince dallanmalarını içeren yamalar daha önce doldurulmaya meyillidir. Çünkü bu yamalar özgün görüntüden daha fazla imgecik değerleriyle çevrilmişlerdir.



Şekil 3. Yama önceliklerinin hesaplanması

Şekil 3.'de gösterilen ön doldurulacak sınır( $\partial\Omega$ ) üzerindeki bir  $p$  noktası merkezli  $\Psi_p$  yamasının öncelik değeri olan  $P(p)$ ; güven terimi( $C(p)$ ) ve veri terimi( $D(p)$ ) adında iki terimin çarpımı ile bulunur.

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

(1) eşitliğinde görülen güven teriminin açık ifadesi (2) eşitliğinde verilmiştir.

$$C(p) = \frac{\sum_{q \in \Psi_p \cap \Phi_n} C(q)}{A\Psi_p} \quad (2)$$

(2) eşitliğinde  $C(p)$ ,  $p$  noktası merkezli  $\Psi_p$  yamasının güven değerini göstermektedir. Eşitlikte görülen  $A\Psi_p$   $\Psi_p$  yamasının alanını,  $C(q)$  ise daha önceden  $\Psi_p$  yamasına atanmış güven değerlerini göstermektedir.  $C(p)$  değeri,  $C(q)$  olarak gösterilen ön güven değerlerinin toplamının  $\Psi_p$  yaması alanına bölümüyle hesaplanır.

$\Psi_p$  yamasının başlangıç güven değerini sembolize eden  $C(q)$ ; algoritma başında şu atamalar yapılarak oluşturulur:

$$C(q) = \begin{cases} 1, \forall q \in \Phi \\ 0, \forall q \in \Omega \end{cases} \quad (3)$$

Eşitlik (1)'de verilen veri terimi ( $D(p)$ ) ise aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$D(p) = \left| \nabla_{I_p}^\perp \cdot n_p \right| / \alpha \quad (4)$$

Bu ifadede  $\alpha$  bir düzgeleme faktörüdür. Bu değer gri düzeyli görüntüler için "255" alınır.  $n_p$ ,  $p$  noktasında  $\mathcal{X}\Omega$ 'in ön tarafına dik olan bir birim vektördür. Bu vektörün hesaplanması aşağıda verilmiştir:

$$n_p(x) = n_p(x+1, y) - n_p(x, y) \quad (5)$$

$$n_p(y) = n_p(x, y+1) - n_p(x, y) \quad (6)$$

$$n_p = \left( n_p(x) / \sqrt{n_p(x)^2 + n_p(y)^2}, n_p(y) / \sqrt{n_p(x)^2 + n_p(y)^2} \right) \quad (7)$$

$$I_p(x) = \frac{I_p(x+1, y) - I_p(x-1, y)}{2} \quad (8)$$

$$I_p(y) = \frac{I_p(x, y+1) - I_p(x, y-1)}{2} \quad (9)$$

$$\nabla I_p = (I_p(x), I_p(y)) \quad (10)$$

$$\nabla I_p^\perp = (I_p(y), -I_p(x)) \quad (11)$$

(8),(9),(10),(11) eşitliklerinde kullanılan terimler sırayla açıklanacak olursa;  $I_p(x)$ , x yönündeki görüntü gradyan değeri;  $I_p(y)$ , y yönündeki görüntü gradyan değeri;  $\nabla I_p$ , görüntünün ilgili bölgesindeki en büyük uzamsal değişimin yönünü veren görüntü gradyan vektörü;  $\perp$  dikgen operatörünü ve  $\nabla I_p^\perp$  ise bu gradyan vektörünün 90 derece döndürülmesi ile elde edilen görüntü gradyanına dik, en küçük uzamsal değişimin yönünü veren ve eşit düzey çizgilerine teğet olan bir vektördür.

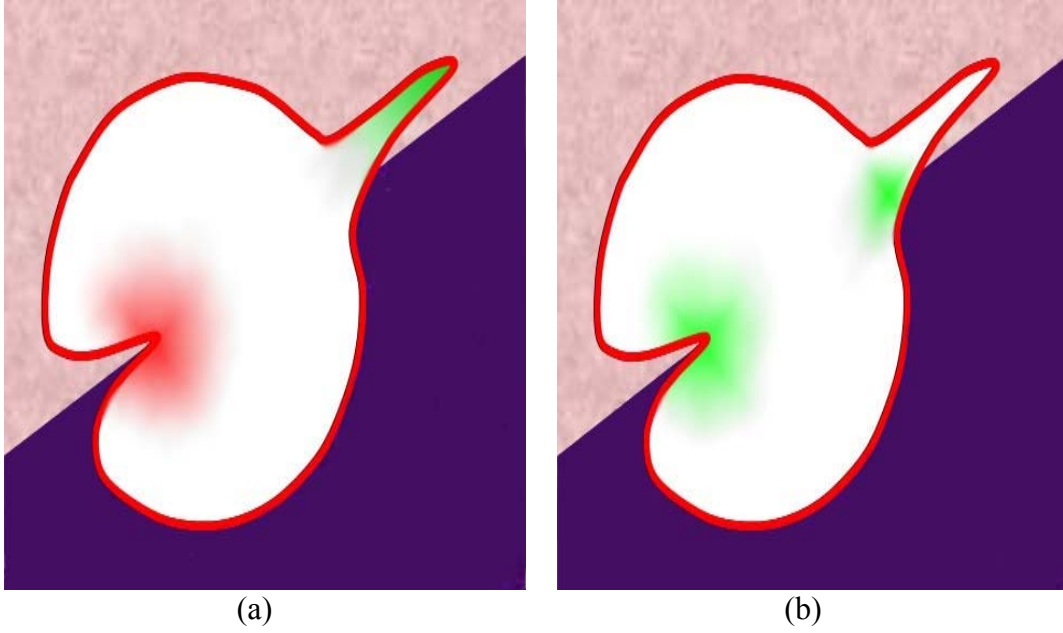
Güven terimi olan  $C(p)$ , p noktasındaki pikselin çevresindeki güvenilir bilginin bir ölçüsünü verir. Veri terimi olan  $D(p)$  ise p noktasındaki parlaklık gradienti ile o noktada sınıra dik olan  $n_p$  birim vektörünün çarpımıyla hesaplanan bir değer olup; sınırın ( $\partial\Omega$ ) önüne doğru uzanan izotopun keskinliğinin bir ölçüsünü verir. Güven ve veri terimlerinin çarpımı sonucu oluşan öncelik değeri ( $P(p)$ ); hedef bölge sınırı üstündeki her bir piksel için oluşturulmuş farklı kenar yamaları için ayrı ayrı hesaplanır.

Başlangıç sürecinde  $C(p)$  fonksiyonuna ( $\forall p \in \Omega$ ) için  $C(p)=0$  ve ( $\forall p \in I - \Omega$ ) için  $C(p)=1$  atamaları yapılır.

Güven terimi olan  $C(p)$ ; p pikseli çevresindeki inanılabilir bilgi miktarının bir ölçütü olarak düşünülebilir. Kaba bir ifadeyle  $C(p)$  terimi için algoritmaya yaklaşık olarak arzu edilen eş merkezli doldurma sırasını uygulamaya zorlar denilebilir. Doldurma işlemi devam ederken hedef bölgenin daha dış katmanlarındaki imgecikler daha büyük güven değerleriyle karakterize edilmeye meyillidirler. Sonuç olarak bu imgecikler daha önce doldurulurlar. Hedef bölgenin merkez kısmındaki imgecikler ise daha düşük güven değerine sahiptirler. Dolayısıyla daha geç doldurulurlar.

Veri Terimi olan  $D(p)$ ; doldurulacak ön sınır bölgesine her bir iterasyonda vuran izotopların güçlerinin bir fonksiyonudur. Bu terim içe doğru ilerleyen izotop bir bloğun önceliğini artırır. Bu faktör algoritmada temel öneme sahiptir çünkü lineer yapıların ilk

önce sentezlenmesini ve sonuç olarak güvenli bir şekilde hedef bölgeye iletilmesini destekler. Bu sayede doldurma sırasında ortaya çıkabilecek kırık doğru şeklindeki bozukluklar düzeltilebilmektedir.



Şekil 4. Güven ve veri değerlerinin doldurma işleyişine etkisi a) güven değerinin doldurma işleyişine etkisi, b) veri değerinin doldurma işleyişine etkisi

Şekil 4.(a)' da güven değerinin doldurma işleyişine etkisi gösterilmiştir. Görüleceği üzere güven terimi; dış yöneltme katsayılarına (yeşil renkte olan) yüksek doldurma önceliği ve iç yönelme katsayılarına (kırmızı renkte olan) düşük öncelik ataması yapar. Böylece Şekil 4'de görülen düzgün ve kabaca dairesel hedef sınırı başarılmaya çalışılır.

Şekil 4.(b)' de veri değerinin doldurma işleyişine etkisi gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere veri terimi; görüntü yapılarının devamı üzerinde olan piksellere (yeşille gösterilmiş) yüksek öncelik verir ve gelmekte olan yapıların doğrultusundaki iç yönelme katsayılarını da destekleyici etkiye sahiptir. (1) eşitliği, güven ve veri terimlerince oluşan bu iki etki arasında arzu edilen dengeyi sağlar. Böylece görüntü yapılarının hedef bölge iç kısımlarına yönelik genişlemesi ılımlılıkla azaltılır.

Güven ve Veri terimleri arasında hassas bir denge vardır. Veri terimi; izotopları tekrarlı bir şekilde iç tarafa doğru itme eğilimindedir. Güven terimi ise veri terimi sayesinde oluşan bu veri akış eğiliminin sadece ilgili hedef bölgeye doğru olmasını sağlar. Güven ve veri terimleri arasındaki bu denge her iterasyonda ön doldurulacak sınır bölge

üzerindeki doldurulacak bütün bloklar içinden tek bir öncelik yaması belirleyip bu yamayı doldurmayla sağlanılmaktadır.

Doldurma önceliği belirlenirken, çoğu piksel değerleri zaten doldurulmuş olan yamalar ilk önce dikkate alınır. Bu öncelik belirleme işlemi algoritma tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Bahsi geçen bu önceliği sağlıklı bir şekilde belirlemek için bazı kabuller yapılmıştır. Buna göre öncelik değeri, ilgili hedef bölgedeki güçlü kenarların devamında olan ve yüksek güven değerine sahip imgeciklerle çevrilmiş yamalarda daha öncelikli olarak bulunur. Çünkü bu yamalar özgün görüntüden daha fazla imgecik değerleriyle çevrilmişlerdir. [3] çalışmasında da belirtildiği gibi doldurulacak hedef bölgenin doldurma sırası tek olarak  $P(p)$  öncelik fonksiyonu tarafından belirlendiği için [4, 25] çalışmalarında yapıldığı gibi tekrar keyfi bir doldurma sırası belirlemeye gerek yoktur.

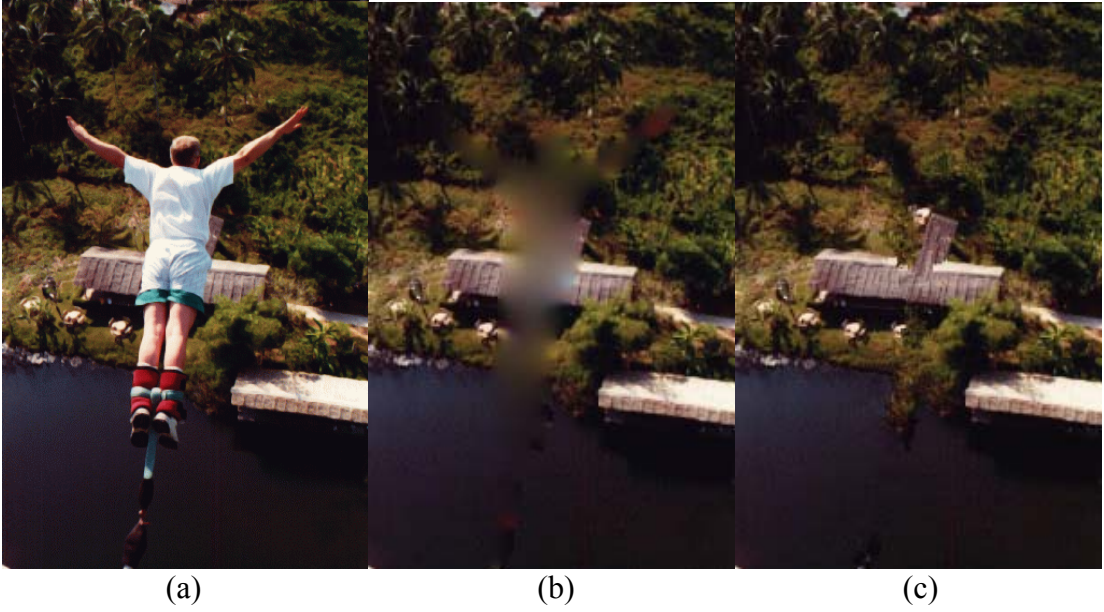


Şekil 5. Görüntü içboyamada ortaya çıkabilecek kırık yapı bozuklukları (a) özgün görüntü (b) Klasik içboyama yöntemleri kullanılarak elde edilmiş kırık yapı bozukluğu olan görüntü, (c) Örnek tabanlı içboyama yaklaşımı sonucu elde edilen görüntü

Organik sentezleme yöntemleriyle görüntü içboyaması yapılırken Şekil 5.(b)'de görüldüğü gibi kırık yapı şeklinde görüntü bozuklukları ortaya çıkabilmektedir. Örnek tabanlı içboyama yaklaşımında ise [3] çalışmasında önerilen yaklaşıma paralel olarak, içboyama yaparken kullanılan doldurma sırası görüntü özelliklerinin bir fonksiyonu olarak alınmış ve Şekil 5.(c) görüntüsünden de anlaşılacağı üzere içboyanmış görüntüde ortaya çıkabilecek kırık yapı bozuklukları belirgin düzeyde düzeltilebilmiştir.

### 1.4.2 Doku ve Yapı Bilgilerinin Yayınımı

Doldurulacak ön sınır bölgesi üstündeki bütün öncelik değerleri hesaplandıktan sonra en yüksek olasılıklı yama ( $\Psi_{\hat{p}}$ ) bulunur. Bulunan  $\Psi_{\hat{p}}$  yaması daha sonra kaynak bölgesinden( $\Phi$ ) elde edilen verilerle doldurulur.



Şekil 6. Görüntülerden büyük cisimlerin çıkarılması (a) orijinal görüntü, (b)yayınım yardımıyla içboyanmış görüntü, (c) örnek tabanlı içboyanma ile elde edilmiş görüntü

Kullanılan birçok görüntü içboyanma yönteminde imgecik değer bilgisi yayınım yoluyla yayılır. Yayınım görüntü düzgünleştirilmesine öncülük etmede gereklidir fakat özellikle geniş bölge içboyanması yapılacağı zaman içboyanan görüntü hedef bölgesinde belirgin bir bulanıklaşmaya sebebiyet verebilmektedir (Şekil 6.(b)).

Bu çalışmada kullanılan örnek tabanlı içboyanma yaklaşımında ise yayınım yaklaşımının tersine görüntü dokusu direk kaynak bölgesinden örnekleme yapılarak iletilir. [6] çalışmasına benzer olarak  $\Psi_{\hat{p}}$  ye en benzer blok sadece kaynak bölgesinde aranır.

Yukarıda anlatılanlar biçimsel olarak ifade edilecek olursa;

$$\Psi_{\hat{q}} = \arg \min_{\Psi_q \in \Phi} d(\Psi_{\hat{p}}, \Psi_q) \quad (12)$$

eşitliği elde edilir. (12) eşitliğinde gösterilen  $d(\Psi_{\hat{p}}, \Psi_q)$ ;  $\Psi_{\hat{p}}$  ve  $\Psi_q$  yamaları arasındaki mesafedir. Bu mesafe, basit olarak ilgili iki yamadaki zaten doldurulmuş olan imgecik değerlerinin farkının karesinin karekökü olarak hesaplanabilmektedir.

Doldurulacak yama ( $\Psi_{\hat{p}}$ ) bulunduktan sonra bu yamadaki doldurulacak herbir imgecik değeri olan  $p' | p' \in \Psi_{\hat{p}} \cap \Omega$ ;  $\Psi_{\hat{q}}$  içinde karşılık gelen konumundan bu yamaya kopyalanır. Bu da hem yapı hem de doku bilgisini kaynak bölgesinden ( $\Phi$ ) hedef bölgesine ( $\Omega$ ) bir aralıkta bir yama olacak şekilde iletilebilmesini mümkün kılmaktadır.

### 1.4.3. Güven Değerlerinin Güncellenmesi

$\Psi_{\hat{p}}$  yaması yeni piksel değerleriyle doldurulduktan sonra güven terimi ( $C(p)$ ),  $\Psi_{\hat{p}}$  tarafından sınırlandırılmış alanda güncellenir. Bu amaçla  $\forall q \in \Psi_{\hat{p}} \cap \Omega$  için  $C(q) = C(\hat{p})$  ataması yapılır.

Bu basit güncelleme kuralı doldurulacak ön sınır üzerindeki yamaların bağlı güven değerlerinin özel görüntü parametreleri olmadan ölçülebilmesini mümkün kılmaktadır.

Doldurma işlemi devam ederken güven değeri bozulmaya başlar ki bu da hedef bölge merkez yakınındaki imgeciklerin parlaklık değerlerinden daha az emin olunduğunun bir göstergesidir.

### 1.4.4. Görüntü İçboyama Algoritmasının Bazı Özellikleri

Şekil 4.(a)'da da gösterildiği gibi güven teriminin etkisi; hedef bölge çevritinindeki keskin katsayıları kaldırarak ve hedef çevritini dairesele yaklaştırarak düzgünleştirmektir. Ayrıca Şekil 4.(b)'de fark edilebileceği gibi içeride olan yönelme katsayıları güven değeri tarafından engellenirler (kırmızı düşük öncelikli piksellere karşılık gelmektedir).

Örnek tabanlı içboyama yaklaşımı, kendinden önce geliştirilen içboyama yaklaşımlarının tersine öncelik fonksiyonundaki(1) veri teriminin varlığı; yapıların sınıra vurduğu kısımlardaki içe doğru genişleme katsayılarını destekleme eğilimindedir. Böylece



arzu edilen yapı iletimi sağlanır. Düşük güven değeriyle çevrilmiş katsayıların yakınında olan hedef bölge imgecikleri üzerine etki eden ve veri teriminden kaynaklanan itme etkisi, güven teriminin etkisiyle hafifletilir. Hedef bölge sınırına etki eden etkilerin bu şekilde otomatik olarak dengelenmesiyle organik hedef bölge sentezi başarılmış olur.

Ayrıca hedef bölge doldurma sırası tek olarak öncelik fonksiyonu  $P(p)$  tarafından belirlendiği için mevcut blok tabanlı yaklaşımlarda[5,12] yapıldığı gibi keyfi bir doldurma sırası belirlemekten kaçınılmıştır.

Örnek tabanlı içboyama yaklaşımında doldurma sırası görüntü özelliklerinin bir fonksiyonudur ve bir organik sentez işlemiyle sonuçlanır ki bu da “ kırık-yapı” olarak karşılaşılan görüntü bozuklukları(Şekil 5.) riskini ortadan kaldırır. Ayrıca [5] çalışmasında olduğu gibi bir blok kesme adımı olmadan ve ya [12] çalışmasında uygulandığı gibi bulanıklık azaltıcı kademeli geçiş adımı olmadan bloksal yapay yapılar belirgin ölçüde azaltılmıştır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Giriş**

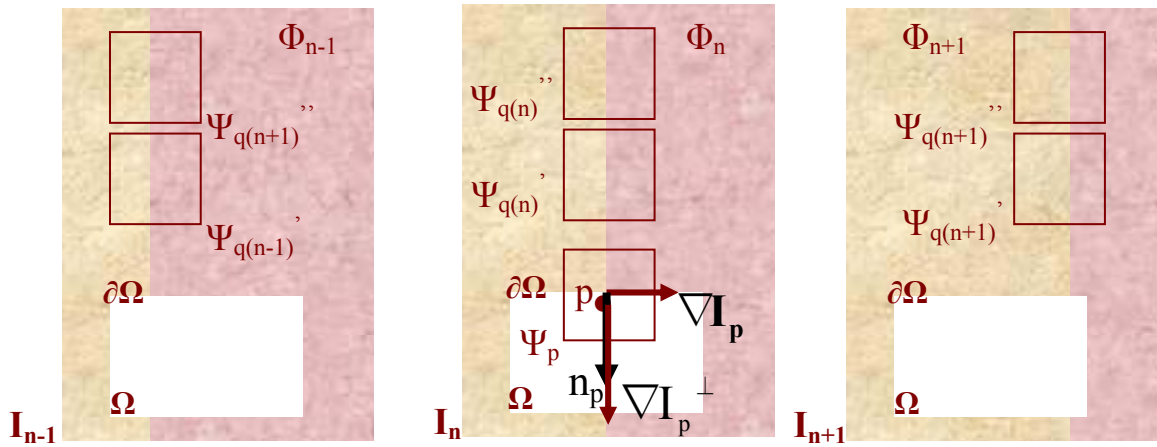
Görüntü ve video işleme konusunda son zamanlarda artarak devam eden gelişmeler içerisinde içboyama yöntemleri birçok uygulama alanı bulmaktadır. Örnek olarak, bozulmuş film ve fotoğrafların onarılması, televizyon görüntülerinde istenmeyen logoların, lekelerin, cisim görüntülerinin veya yazıların görüntüde bozulma oluşturmada yok edilmesi, sayısal video iletiminde ortaya çıkabilecek blok kayıplarından kaynaklanan bozulmaların yok edilmesi gibi uygulamalar gösterilebilir. İçboyama yöntemlerinde doldurulacak görüntü bölgesi, bu bölüm dışında kalan görüntü bölgesinden sağlanan imgeciklerle doldurulur. İçboyama için geliştirilen yöntemler genel olarak, germeye dayalı, örüntü tekrarına dayalı ve örnek tabanlı yöntemlerdir. Video görüntülerinde bugüne kadar yapılan uygulamalar genellikle sabit bir kamera görüntüsünden herhangi bir cismin yok edilmesini hedeflemektedir. Bu tür video görüntülerinde arkaplan görüntüsü değişmediği için cismin kaldırılması gayet başarılı sonuçlar verebilmektedir. Ancak arkaplanın da hareketli olduğu video görüntülerinde örneğin logo yok etme gibi uygulamalarda bu yöntemlerin iyi sonuç vermediği yaptığımız çalışmalar sonucunda görülmüştür. Buna göre, lekeli ve bozulmuş video görüntülerinin onarılması için daha gelişmiş yöntemlerin kullanılması gereklidir. Bu çalışmada [14] çalışması temel alınmış ve temel alınan bu çalışmaya iki ana ilave yapılmıştır. Yapılan birinci ilavede [14]'de önerilen içboyama yöntemi uzamsal zamansal boyuta genişletilmiştir. İkinci olarak da elde edilen sonuçlara arka arkaya uzamsal zamansal medyan ve ortalama süzgeçleri uygulanarak sonuç görüntüleri iyileştirilmiştir.

### **2.2. Önerilen Yöntem**

Bu çalışmada [14] çalışmasında önerilen örnek tabanlı doku sentezine dayanan görüntü içboyama yaklaşımı temel alınmış ve [14]'de önerilen içboyama yöntemine iki ana ilave yapılmıştır.

Bu bölümde bu çalışmada izlenen yol maddeler halinde açıklanacak, taban alınan yönteme[14] getirilen yeniliklerin üstünde ise detaylı olarak durulacaktır.

Şekil 7. bu çalışmada önerilen yöntemi genel olarak göstermektedir. Bu şekle göre görüntüden kaldırılacak cisim( bu çalışmada yapılan uygulamalarda logo alındı) içboyama yapılacak hedef bölge( $\Omega$ ), kaynak bölgeler( $\Phi_{n-1}, \Phi_n, \Phi_{n+1}$ ), ardışıl üç görüntüdeki ( $I_{n-1}, I_n$  ve  $I_{n+1}$ ) logo dışında kalan bölgeler olarak tanımlanmıştır. Burada n-1, n ve n+1 sırasıyla önceki, şimdiki ve sonraki olacak şekilde görüntü sırasını göstermektedir.



Şekil 7. Ardışıl üç görüntü karesini kullanarak yapılan çerçeveler arası arama

Uygulanan işlem adımları aşağıdaki gibidir:

1-) Yok edilecek cismin konumu ve büyüklüğü belirlenir. Bu işlem kullanıcı tarafından elle yapılır.

2-) Hedef bölgenin sınırları ( $\delta \Omega$ ) bulunur. Her sınır noktası üzerinde, bir kısmı hedef bölge içerisinde kalan dikdörtgen biçimli yamalar alınır. Bunların arasından en büyük öncelik değerine sahip olan  $\Psi_p$  yaması belirlenir ve doldurmaya o yama üzerinden başlanır. Öncelik değeri hesabı sadece hedef bölgesi doldurulacak görüntü çerçevesinde yapılır.

Doldurulacak görüntü çerçevesinde ön doldurulacak sınır üzerindeki bir p noktası merkezli  $\Psi_p$  yamasının öncelik değeri olan  $P(p)$ , güven terimi  $C(p)$  ve veri terimi  $D(p)$  diye adlandırılan iki parametrenin çarpımıyla hesaplanır. Bununla ilgili Genel Bilgiler bölümünde verilmiş olan bazı bağıntılar tekrar verilecek olursa:

$$P(p) = C(p)D(p) \quad (13)$$

(13) eşitliğinde görülen güven teriminin açık ifadesi (14) eşitliğinde verilmiştir.

$$C(p) = \frac{\sum_{q \in \Psi_p \cap \Phi_n} C(q)}{A\Psi_p} \quad (14)$$

(14) eşitliğinde  $C(p)$ ,  $p$  noktası merkezli  $\Psi_p$  yamasının güven değerini göstermektedir. Eşitlikte görülen  $A\Psi_p$   $\Psi_p$  yamasının alanını,  $C(q)$  ise daha önceden  $\Psi_p$  yamasına atanmış güven değerlerini göstermektedir.  $C(p)$  değeri  $C(q)$  ön güven değerlerinin toplamının  $\Psi_p$  yaması alanına bölümüyle hesaplanır.

$\Psi_p$  yamasının başlangıç güven değerini sembolize eden  $C(q)$ ; algoritma başında şu atamalar yapılarak oluşturulur:

$$C(q) = \begin{cases} 1, \forall q \in \Phi \\ 0, \forall q \in \Omega \end{cases} \quad (15)$$

Eşitlik (1)'de verilen veri terimi( $D(p)$ ) ise aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$D(p) = \left| \nabla I_p^\perp \cdot n_p \right| / \alpha \quad (16)$$

Bu ifadede  $\alpha$  bir düzgeleme faktörüdür. Bu değer gri düzeyli görüntüler için “255” alınır.  $n_p$ ,  $p$  noktasında  $\Omega$ 'ın ön tarafına dik olan bir birim vektördür.

Güven terimi  $p$  noktasındaki pikselin çevresindeki güvenilir bilginin bir ölçüsünü verir. Veri terimi  $D(p)$ ,  $p$  noktasındaki parlaklık gradienti ile o noktada sınıra dik olan  $n_p$  birim vektörünün çarpımıyla hesaplanmaktadır. Veri terimi, sınırın önüne doğru uzanan izotopun keskinliğinin bir ölçüsünü verir. Bu terim, doğrusal yapıların öncelikli olarak hedef bölgeye doğru ilerlemesini sağlar.

Bu çalışmada kullanılan algoritmanın temelinde bir izotop sürücü görüntü örnekleme işlemi yatmaktadır. Böylece yok edilecek cismin içerisine doğru uzanan eş değerli doğruların devam ettirilmesi ve doku bilgisinin tekrar ettirilmesi sağlanmaktadır.

3-) Ön doldurulacak sınır üzerindeki öncelikli yama bulunduktan sonra bu yama, ilgili görüntü çerçevesine ek olarak önceki ve sonraki görüntü çerçevelerini de içeren ardışıl üç görüntü çerçevesinde aranır. Şekil 7.' de üç ardışıl görüntü çerçevesindeki aday yamalar için bazı örnekler ( $\Psi_q'_{(n-1)}$ ,  $\Psi_q''_{(n-1)}$ ,  $\Psi_q'_{(n)}$ ,  $\Psi_q''_{(n)}$ ,  $\Psi_q'_{(n+1)}$ ,  $\Psi_q''_{(n+1)}$ ) gösterilmiştir. En uygun eşleşmeyi sağlayan aday yamayla hedef bölgedeki doldurulacak yama ( $\Psi_{\hat{p}}$ ) doldurulur.

4-)  $\Psi_{\hat{p}}$  yaması yeni imgecik değerleriyle doldurulduktan sonra güven terimi( $C(p)$ )  $\Psi_{\hat{p}}$  tarafından sınırlandırılmış alanda güncellenir. Bu amaçla  $\forall q \in \Psi_{\hat{p}} \cap \Omega$  için  $C(q) = C(\hat{p})$  ataması yapılır.

5-) Bu işlemler ardışıl olarak hedef bölge tamamen doldurulana kadar devam eder.

6-) Bu çalışmada önerilen yöntemde [14] çalışmasında önerilen örnek tabanlı içboyama yöntemi ayrıca bir uzamsal zamansal medyan ve uzamsal zamansal ortalama süzgeçle desteklenmiştir. Süzgeçleme işlemi, görüntüde sadece hedef bölgenin(logonun) olduğu bölgede ardışıl üç görüntü çerçevesi üzerinde yapılır. Bu çalışmada yapılan süzgeç uygulamaları aşağıda özetlenmiştir.

$I_{n-1}$ ,  $I_n$ ,  $I_{n+1}$ , çerçeveler arası arama yapıldıktan sonra doldurulmuş ardışıl üç görüntü çerçevesini göstermek üzere bu çerçevelerdeki doldurulmuş hedef bölgelerine bu çalışmada tasarlanan önce "1x2x3" lük medyan süzgeç daha sonra da yine "1x2x3" lük ortalama süzgeç uygulanmıştır. Uygulanacak süzgeçlerin boyutlarına karar verme aşamasında birçok deneme yapılmış ve en iyi sonucun "1x2x3" lük süzgeçlerde sağlandığı görülmüştür. Üzerinde deneme yapılan süzgeçlerden "1x2x3" lük süzgeç en yakın sonuçları veren süzgeç de "3x3x3" lük süzgeçler olmuştur. (17) ve (18) eşitliklerinde bu çalışmada sırayla kullanılan "1x2x3" lük medyan süzgeç ifadesi ve "1x2x3" lük ortalama süzgeç ifadesi verilmiştir. (19) ve (20) eşitliklerinde ise yukarıda bahsi geçen sırayla "3x3x3" lük medyan süzgeç ifadesi ve "3x3x3" lük ortalama süzgeç ifadesi verilmiştir.

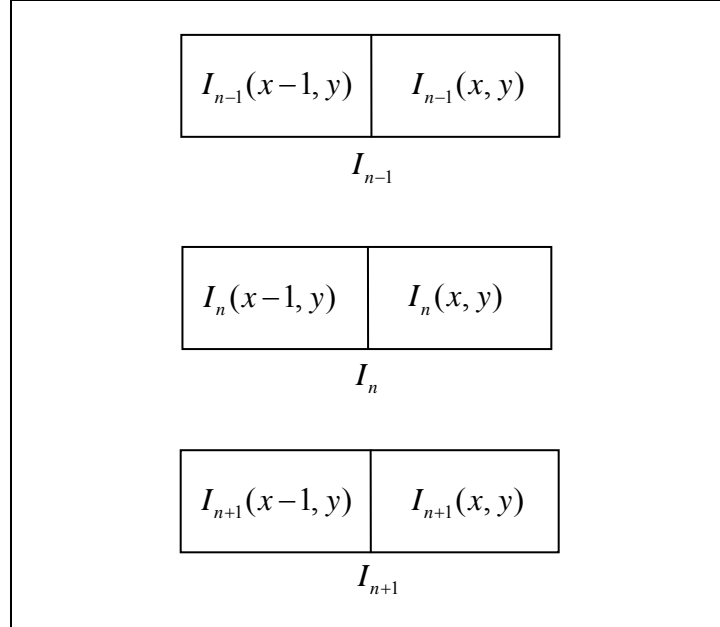
$$I_n(x,y) = \text{medyan}(I_{n-1}(x-1,y), I_{n-1}(x,y), I_n(x-1,y), I_n(x,y), I_{n+1}(x-1,y), I_{n+1}(x,y)) \quad (17)$$

$$I_n(x,y)=ortalama(I_{n-1}(x-1,y),I_{n-1}(x,y),I_n(x-1,y),I_n(x,y),I_{n+1}(x-1,y),I_{n+1}(x,y)) \quad (18)$$

$$I_n(x,y)=medyan(I_{n-1}(x-1,y-1), I_{n-1}(x-1,y), I_{n-1}(x-1,y+1), I_{n-1}(x,y-1), \\ I_{n-1}(x,y),I_{n-1}(x,y+1), I_{n-1}(x+1,y-1), I_{n-1}(x+1,y), I_{n-1}(x+1,y+1), \\ I_n(x-1,y-1), I_n(x-1,y), I_n(x-1,y+1), I_n(x,y-1), I_n(x,y), I_n(x,y+1), \\ I_n(x+1,y-1), I_n(x+1,y), I_n(x+1,y+1), I_{n+1}(x-1,y-1), I_{n+1}(x-1,y), \\ I_{n+1}(x-1,y+1), I_{n+1}(x,y-1), I_{n+1}(x,y), I_{n+1}(x,y+1), I_{n+1}(x+1,y-1), \\ I_{n+1}(x+1,y), I_{n+1}(x+1,y+1)) \quad (19)$$

$$I_n(x,y)=ortalama(I_{n-1}(x-1,y-1), I_{n-1}(x-1,y), I_{n-1}(x-1,y+1), I_{n-1}(x,y-1), \\ I_{n-1}(x,y),I_{n-1}(x,y+1), I_{n-1}(x+1,y-1), I_{n-1}(x+1,y), I_{n-1}(x+1,y+1), \\ I_n(x-1,y-1), I_n(x-1,y), I_n(x-1,y+1), I_n(x,y-1), I_n(x,y), I_n(x,y+1), \\ I_n(x+1,y-1), I_n(x+1,y), I_n(x+1,y+1), I_{n+1}(x-1,y-1), I_{n+1}(x-1,y), \\ I_{n+1}(x-1,y+1), I_{n+1}(x,y-1), I_{n+1}(x,y), I_{n+1}(x,y+1), I_{n+1}(x+1,y-1), \\ I_{n+1}(x+1,y), I_{n+1}(x+1,y+1)) \quad (20)$$

Uygulama sonuçları verilecek bu iki süzgeçleme işleminin şematiksel gösterimleri ise Şekil 8’de ve Şekil 9’ da verilmiştir.



Şekil 8. Uzamsal zamansal “1x2x3” lik süzgeç

$I_{n-1}$	$I_{n-1}(x-1, y-1)$	$I_{n-1}(x, y-1)$	$I_{n-1}(x+1, y-1)$
	$I_{n-1}(x-1, y)$	$I_{n-1}(x, y)$	$I_{n-1}(x+1, y)$
	$I_{n-1}(x-1, y+1)$	$I_{n-1}(x, y+1)$	$I_{n-1}(x+1, y+1)$
$I_n$	$I_n(x-1, y-1)$	$I_n(x, y-1)$	$I_n(x+1, y-1)$
	$I_n(x-1, y)$	$I_n(x, y)$	$I_n(x+1, y)$
	$I_n(x-1, y+1)$	$I_n(x, y+1)$	$I_n(x+1, y+1)$
$I_{n+1}$	$I_{n+1}(x-1, y-1)$	$I_{n+1}(x, y-1)$	$I_{n+1}(x+1, y-1)$
	$I_{n+1}(x-1, y)$	$I_{n+1}(x, y)$	$I_{n+1}(x+1, y)$
	$I_{n+1}(x-1, y+1)$	$I_{n+1}(x, y+1)$	$I_{n+1}(x+1, y+1)$

Şekil 9. Uzamsal zamansal 3x3x3'lük süzgeç

Bu çalışmada yapılan süzgeçleme işlemlerinin temel amacı doldurulmuş görüntü hedef bölgesinde gözükten bozulmaları gizlemektir. Bu bozulmalar; görüntü çerçevelerine tek tek bakıldığında gözü rahatsız etmezler fakat bir video görüntüsü şeklinde seyredilirken belirgin şekilde göze çarparlar.

7-) Yaptığımız çalışmanın görsel sonuçlarının dışında nicel performansının bir göstergesi olarak yapılan normalize mutlak kare hata miktarı hesaplanmıştır. Bu amaçla aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$NMKH = \sum_{(x,y) \in \Omega} \sum_{c=R,G,B} (I^c(x,y) - \tilde{I}^c(x,y))^2 / \sum_{(x,y) \in \Omega} \sum_{c=R,G,B} (I^c(x,y))^2 \quad (21)$$

Burada  $I^c$ , özgün renkli görüntünün,  $\tilde{I}^c$  ise içboyanmış görüntünün kırmızı, yeşil ve mavi bileşenini içeren piksel değerlerini göstermektedir.

### 2.3. Yapılan Deneysel Çalışmalar

#### 2.3.1 Arka Planı Sabit Görüntü Dizilerinde Yapılan Çalışmalar

Günümüzde içboyanma yöntemleri yaygın olarak arka planı sabit video görüntülerine uygulanmaktadır. Bu tarz görüntülerde arka plan değişmediği için gayet iyi sonuçlar elde edebilmektedir. Bu çalışmada da öncelikli olarak arka planı sabit video görüntülerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan ilk uygulamada sabit kamerayla çekilmiş bir video görüntüsünde yapay bir logo oluşturulmuştur. Bu görüntü dizisinde görüntü arka planı değişmemektedir. Şekil 10. logosuz özgün görüntü dizisinden alınmış bir görüntü çerçevesini göstermektedir. Şekil 11. ise Şekil 10.'un tarafımızdan logo eklenmiş halidir. Görüntüdeki beyaz ile boyanmış kısım tarafımızdan oluşturulmuş yapay logodur.



Şekil 10. Arka planı sabit görüntü dizisinden alınan bir görüntü





Şekil 11. Şekil 10’da verilen görüntünün üzerine yapay logo oluşturulmuş hali

Yapay olarak oluşturulan bu logolu bölge görüntüde kaldırılacak hedef bölgedir. Bu hedef bölge dışında kalan alan ise hedef bölgeyi içboyamak için gerekli örneklerin sağlanacağı kaynak bölgedir. Hedef bölge belirli bir düzene göre blok blok ana görüntüden çıkarılır. Bu bölgede içboyanacak yamalar ve kaynak bölgede bu yamalara karşılık gelen yamaların boyutları tarafımızdan deneme yoluyla belirlenmiştir. Bu çalışmada hedef ve kaynak bölgelerinde “13x13” lük yamalar kullanılmıştır.

Üzerinde çalışılan bu arka planı sabit görüntü dizisine öncelikle [14] çalışmasında önerilen içboyama yöntemi uygulanmış ve sonuç görüntüleri alınmıştır. Daha sonra seçtiğimiz bu görüntü dizisine bu çalışmada önerilen içboyama yönteminin ilk aşaması uygulanmış, sonuç görüntüleri alınmış ve [14] çalışmasında önerilen içboyama yöntem sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bundan sonraki aşama burada önerilen yöntemin ikinci kısmını uygulamaktır. Bu kısımda tarafımızdan tasarlanan bir uzamsal zamansal medyan ve uzamsal zamansal ortalama süzgeçler önerilen yöntemin ilk aşama sonuç görüntülerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuç görüntüleri [14] çalışması sonuç görüntüleriyle hem görsel hem de nicel olarak karşılaştırılmıştır. Nicel olarak bu iki içboyama yönteminin yapılan hata bakımından karşılaştırma sonuçları bir grafik üzerinde iki doğru aracılığıyla gösterilmiştir.

### 2.3.2. Arka Planı Hareketli Görüntü Dizilerinde Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada esas olarak arka planı hareketli video görüntülerinde istenmeyen logo tarzı cisimlerin kaldırılması amaçlanmıştır. Bu esas amaç doğrultusunda gerçek logolu bir video dizisi üzerinde çalışılmıştır. Ele alınan bu dizi hareketli bir kamera ile çekilmiştir ve arka plan zamanla değişmektedir. Şekil 12 ele alınan video dizisinden alınmış bir görüntüyü göstermektedir. Şekil 13 ise Şekil 12'deki mevcut logolu bölgenin tarafımızdan seçilip beyaza boyanmasıyla elde edilen görüntüdür.



Şekil 12. Arka planı hareketli görüntü dizisinden alınan bir görüntü



Şekil 13. Şekil 12.'nin üzerindeki özgün logolu bölge boyanarak elde edilmiş görüntü

Çalışmanın bundan sonraki aşamaları arka planı hareketsiz görüntülerde uygulanan şekilde devam etmektedir. Bu bölümde yapılan uygulamalar tekrar özetlenecek olursa; öncelikle [14] çalışmasında önerilen yöntem, logosu kaldırılacak görüntü dizisine uygulanır, sonuç görüntüleri alınır. Daha sonra bu çalışmada önerilen algoritmanın sırayla birinci ve ikinci aşamaları uygulanır, sonuç görüntüleri alınır. Elde edilen sonuç görüntüleriyle [14] çalışmasının sonuç görüntüleri önce görsel olarak karşılaştırılır.

Bu çalışmada bir özgün logolu görüntü dizisi kullanıldığı için logosuz özgün görüntüye ulaşmak olanaksızdır. Dolayısıyla arka planı hareketsiz görüntülerde yapıldığı gibi özgün görüntüyü temel alarak burada önerilen yöntem sonuçlarını ve [14] çalışmasında önerilen yöntem sonuçlarını yapılan hata bakımından nicel olarak karşılaştırmak imkansızdır. Bu soruna çözüm getirmek için özgün logolu görüntü dizisindeki her bir görüntüde mevcut logonun dışındaki başka bir konumda yapay bir logo oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni logonun boyutları esas logo boyutlarıyla aynıdır. Şekil 14. yeni oluşturulan logolu diziden alınan bir görüntü karesini göstermektedir.



Şekil 14. Şekil 12'in üzerindeki özgün logonun dışında yapay bir logo daha oluşturulmuş görüntü

Yeni oluşturulan görüntü dizisindeki logolar hem bu çalışmada önerilen yöntemle hem de [14] çalışmasında önerilen yöntemle kaldırılıp, sonuç görüntüleri alınmıştır. Elde edilen bu sonuç görüntülerine göre [14] çalışmasında ve bu çalışmada yapılan hata miktarları grafiksel olarak gösterilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Arka Planı Sabit Görüntülerde Elde Edilen Bulgular

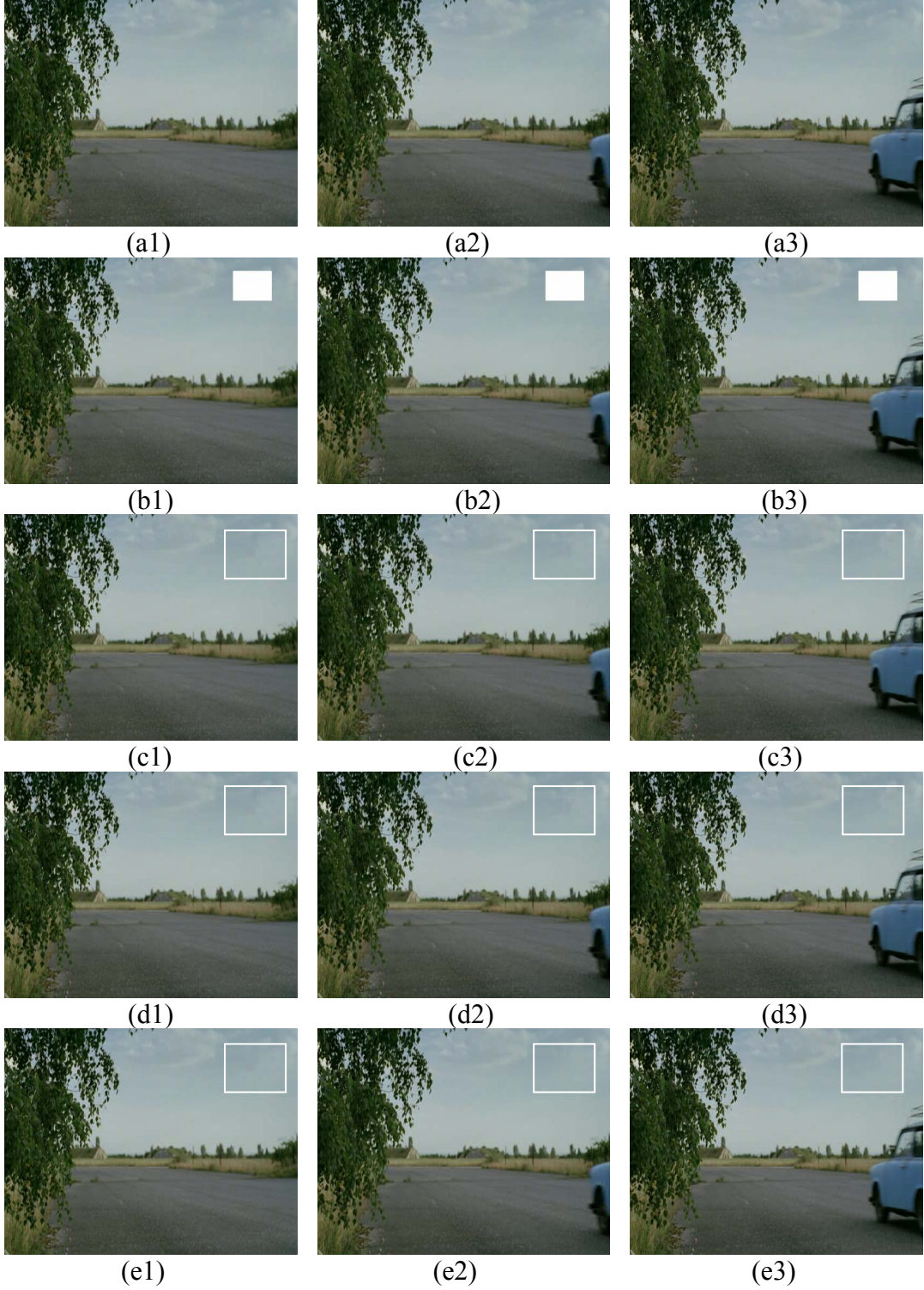
Bu bölümde bir önceki bölümde önerilen içboyama yönteminin ve [14] çalışmasında önerilen içboyama yönteminin deneysel sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar hem görsel hem nicel olarak karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada arka planı sabit ve hareketli olmak üzere iki çeşit video görüntü dizisi kullanılmıştır. İlk deneysel çalışma arka planı sabit video görüntü dizisinde yapılmıştır. İkinci deneysel çalışma ise arka planı hareketli video görüntü dizisinde yapılmıştır. Üzerinde çalışılan iki tür video görüntü dizisinde de elde edilen deneysel sonuçlar beyaz çerçeveler içine alınarak mevcut görüntü karesi içinde belirginleştirilmiştir.

Şekil 15, bu çalışmada kullanılan sabit bir kamerayla çekilmiş, arka planı değişmeyen bir görüntü dizisini göstermektedir. Bu görüntü dizisindeki mevcut logolar yapay olarak tarafımızdan oluşturulmuştur.

[14] çalışmasının Şekil 15.(a) da verilen görüntü dizisine logo yok etme amaçlı uygulanma sonuçları Şekil 15.(c) görüntü dizisinde verilmiştir. Bu görüntü dizisi incelendiğinde logolu bölgelerde düzgün bir içboyamanın yapıldığı ancak bazı görüntü çerçevelerinde belirgin bozulmaların ortaya çıktığı görülmektedir. Özellikle bu görüntü çerçevelerine ayrı ayrı değil de bir dizi şeklinde avi formatında bakıldığında içboyanan logolu bölgede gözü rahatsız edici belirgin kıpırtıların olduğu gözlenilmiştir. Bu çalışmada önce mevcut görüntü kalitesini arttırmak için [14] çalışmasında önerilen mevcut arama algoritması bir önceki ve bir sonraki görüntü çerçevelerini de kapsayacak şekilde genişletilmiştir. İlgili sonuç görüntüleri Şekil 15. (d) görüntü dizisinde verilmiştir. Elde edilen görsel sonuçlara bakıldığı zaman [14] çalışmasında önerilen yöntem sonuçlarıyla benzer olduğu görülür. Yani arka planı sabit görüntü dizilerinde çerçeveler arası arama yapmanın görüntü kalitesini arttırmada bir faktörünün olmadığı görülmüştür. Ayrıca [14] çalışma sonuç görüntü dizisinde olduğu gibi gözü rahatsız edici kıpırtıların da devam ettiği görülmektedir. Bu sorunu çözmek amacıyla birer uzamsal zamansal medyan ve uzamsal zamansal ortalama süzgeç tasarlanmıştır.





Şekil 15. Arka planı sabit video görüntülerinde elde edilen deneysel sonuçlar (a) özgün görüntüler dizisi, (b) logolu görüntüler dizisi, (c) [14] deki yöntem sonuç görüntüleri dizisi, (d) bu çalışmada önerilen çerçevelerarası arama yapılarak içboyanmış görüntüler dizisi, (e) önce “1x2x3” lük medyan süzgeç daha sonra da “1x2x3” lük ortalama süzgeç kullanılarak elde edilmiş görüntüler dizisi

Şekil 15'in devamı



(a4)

(a5)

(a6)



(b4)

(b5)

(b6)



(c4)

(c5)

(c6)



(d4)

(d5)

(d6)



(e4)

(e5)

(e6)



Şekil 15'in devamı



(a7)



(a8)



(a9)



(b7)



(b8)



(b9)



(c7)



(c8)



(c9)



(d7)



(d8)



(d9)



(e7)



(e8)



(e9)



Şekil 15'in devamı



(a10)



(a11)



(a12)



(b10)



(b11)



(b12)



(c10)



(c11)



(c12)



(d10)



(d11)



(d12)



(e10)

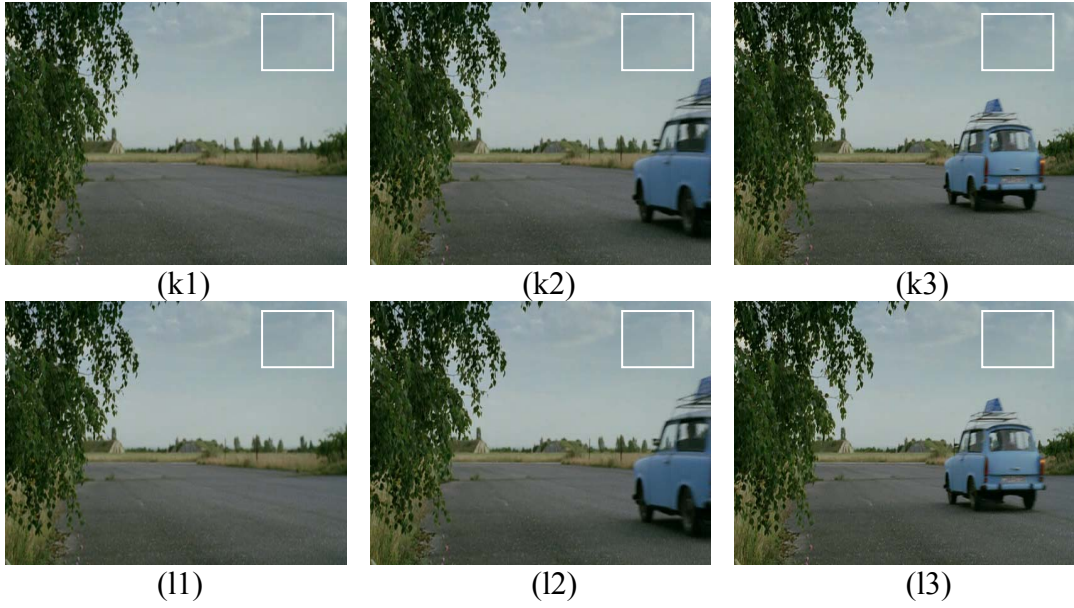


(e11)



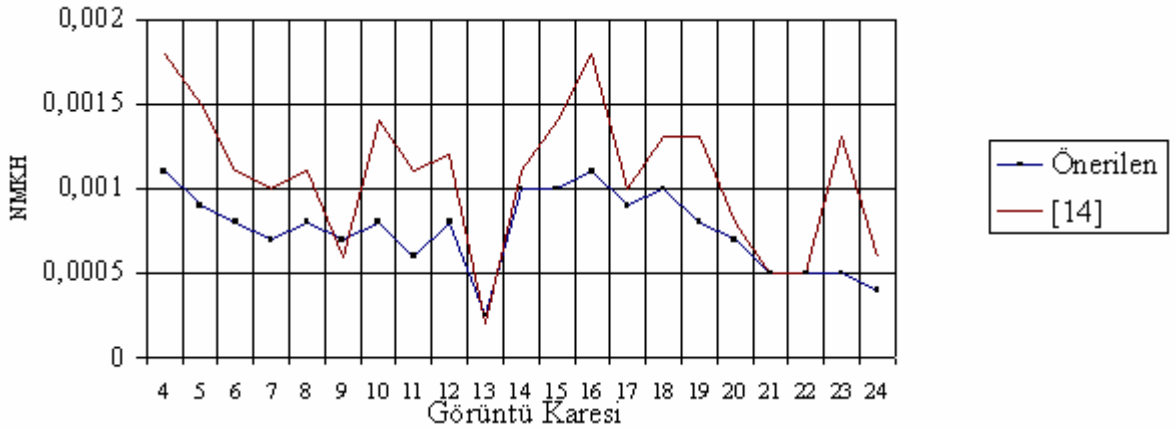
(e12)

Görüntü dizisine uygulanacak uzamsal zamansal süzgeç belirlenmeden önce birçok ön deneme yapılmış ve en iyi sonucun önce “1x2x3” lik medyan süzgeç arkasından da yine “1x2x3” lik ortalama süzgeç kullanılarak sağlanıldığı görülmüştür. Farklı boyuttaki süzgeçler yardımıyla süzgeçlenmiş diziler avi formatında izlenilince aralarındaki fark daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 16’da Şekil 15(d)’ de verilen görüntü dizisinden rasgele alınan üç görüntüye “3x3x3” lük ve “1x1x3” lik uzamsal zamansal medyan ve arkasından ortalama süzgeçlerin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.



Şekil 16. Arka planı sabit görüntülerde uygulanan değişik boyutta uzamsal zamansal süzgeç sonuçları (k1), (k2),(k3) “3x3x3” lük uzamsal zamansal medyan ve arkasından “3x3x3” lük uzamsal zamansal ortalama süzgeç uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar. (11), (12), (13) “1x1x3” lik uzamsal zamansal medyan ve arkasından “1x1x3” lük uzamsal zamansal ortalama süzgeç uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar.

Şekil 16 incelendiğinde süzgeç boyutu arttıkça Şekil 15.(d) görüntü dizisindeki gözü rahatsız edici kıpırtıların belirgin düzeyde azalmış olduğu görülür. Ancak görüntülerdeki bahsi geçen bu iyileşmenin yanında içboyama yapılan logolu bölgelerde belirgin bir bulanıklaşmanın da olduğu görülmektedir.



Şekil 17. Arka planı sabit görüntülerde bu çalışmada önerilen yöntem sonuçlarıyla, [14] çalışmasında önerilen yöntem sonuçlarının yapılan mutlak karesel hata miktarı bakımından karşılaştırılması

Şekil 17., Şekil 15.(a) görüntü dizisindeki logo yok etme işleminde yapılan hata miktarını göstermektedir. Bu şekil üzerindeki mavi noktalı doğru, Şekil 15.(a)'da verilen özgün görüntü dizisiyle Şekil 15.(d)'de verilen ve bu çalışmada önerilen yöntemle logosu yok edilmiş görüntü dizisinin sadece logonun olduğu bölgede sınırlı olmak üzere normalize ortalama kare hatalarını 21 görüntü karesi için göstermektedir. Şekil 17. üzerindeki düz kırmızı doğru ise Şekil 15.(a)'da verilen özgün görüntü dizisiyle Şekil 15.(c)'de verilen ve [14] çalışmasında önerilmiş yöntemle logosu yok edilmiş görüntü dizisinin sadece logonun olduğu bölgede sınırlı olmak üzere normalize ortalama kare hatalarını 21 görüntü karesi için göstermektedir. Bahsi geçen normalize ortalama kare hatalar (10) eşitliğinde verilen formüle göre hesaplanmıştır.

Şekil 17. incelendiğinde yapılan hata miktarı bakımından burada önerilen yöntemin [14] çalışmasında önerilen yöntemle göre daha avantajlı olduğu görülür. Ayrıca Şekil 17 incelendiğinde burada önerilen yöntem sonuçlarının [14] de önerilen yöntem sonuçlarına göre daha kararlı bir yapı sergilediği görülmektedir. Bu kararlılık görsel olarak görüntü dizisindeki mevcut kırıltıların belirgin düzeyde azalmasıyla kendini göstermektedir. Bu durum burada yapılan çalışmanın başarısını gösteren bir kanıttır.

### 3.2. Arka Planı Hareketli Görüntülerde Elde Edilen Bulgular

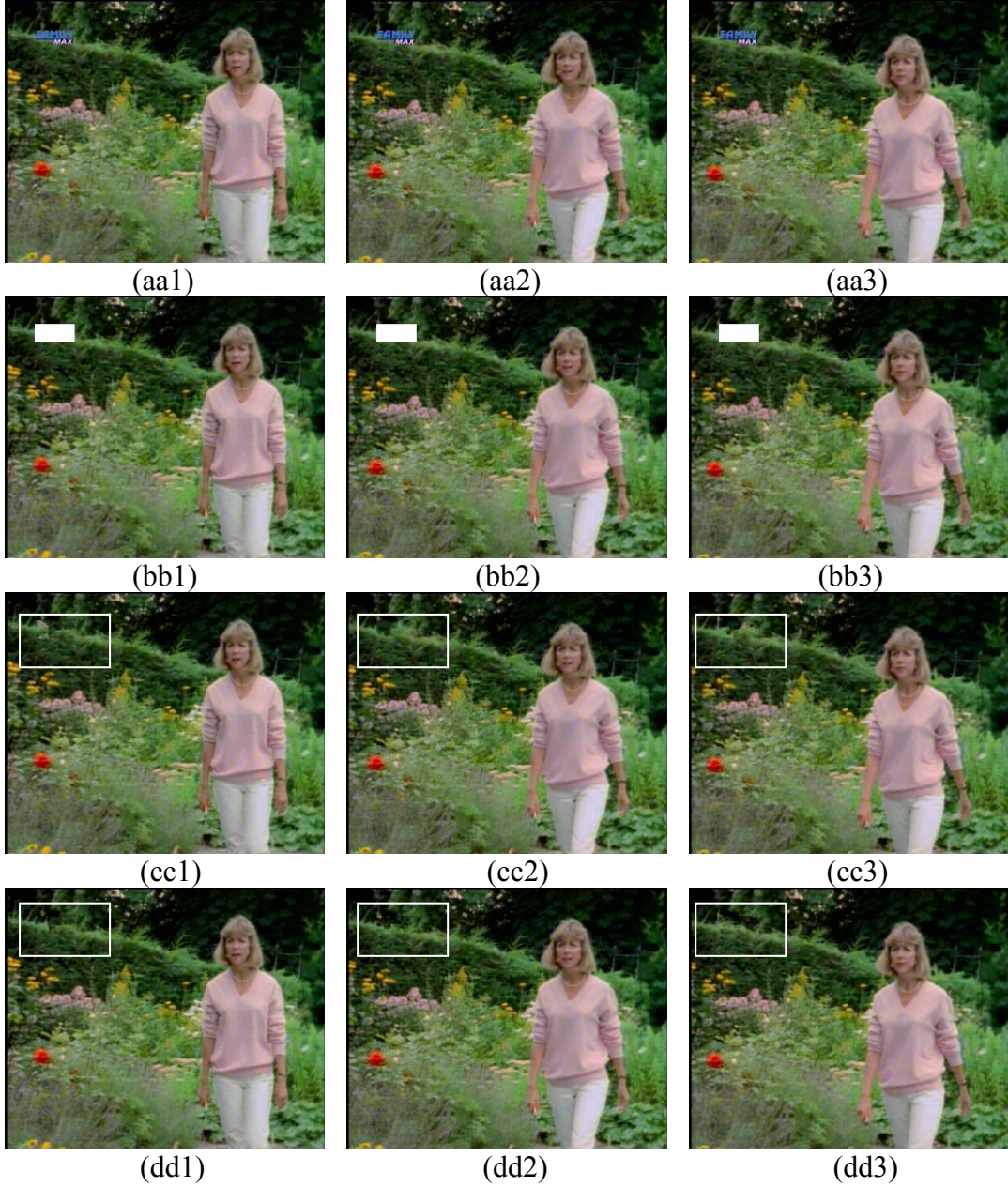
Arka planı hareketli görüntüler için bu çalışmada kullanılan logolu görüntü dizisi Şekil 18. (aa) 'da verilmiştir. Bu dizi, gerçek hayattan alınan orjinal logolu bir görüntü dizisidir. Logolu bölge tarafımızdan elle seçilip beyaza boyanmıştır. Bundan sonraki işlem adımları arka planı hareketsiz görüntüler için kullanılan işlem adımlarıyla aynıdır.

Şekil 18. (cc) görüntü dizisinde [14] çalışmasında önerilen içboyama yöntem sonuçları verilmiştir. Bu görüntü dizisi incelendiğinde genel anlamda içboyanmış logolu bölgede bazı bozuklukların ortaya çıktığı görülmektedir. Bahsi geçen bu bozukluklar ilgili görüntü dizisi avi formatında izlendiğinde daha çok göze çarpılmaktadırlar. Mevcut görüntü kalitesindeki bu düşüş, [14] çalışmasında önerilen içboyama yaklaşımın arka planı hareketli görüntülerde iyi sonuç vermediğinin bir göstergesidir.

Şekil 18. (dd) bu çalışmada önerilen içboyama yönteminin ilk kısmı yani çerçeveler arası arama yapılarak içboyanmış görüntü dizisini göstermektedir. Bu dizideki görüntüler incelendiğinde [14] çalışmasında önerilen yöntemle göre sonuçların daha iyi olduğu görülmektedir.

Yapılan gözlemlerde çerçeveler arası arama yapılarak içboyanmış görüntü dizisine bakılınca gözü rahatsız edici kırıntıların [14] çalışmasında önerilen yöntem sonuç görüntü dizisine göre azalmış olduğu fakat yine de gözü rahatsız edici düzeyde olduğu saptanmıştır. Bu sorunu çözmek için arka planı sabit görüntü dizilerinde yapıldığı gibi çerçeveler arası arama yapılarak içboyanmış logolu görüntü bölgesine önce "1x2x3" lük uzamsal zamansal medyan süzgeç daha sonra da yine "1x2x3" lük uzamsal zamansal ortalama süzgeç uygulanmıştır. Elde edilen görsel sonuçlar Şekil 18. (ee) görüntü dizisinde verilmiştir.





Şekil 18. Arkaplanı hareketli video görüntülerinde elde edilen deneysel sonuçlar (aa) logolu özgün görüntü dizisi, (bb) logolu kısmı boyanmış özgün görüntü dizisi, (cc) [14] çalışmasında önerilen içboyama yöntem sonuç görüntü dizisi, (dd) bu çalışmada önerilen çerçevelerarası arama yapılarak içboyanmış görüntü dizisi, (ee), (dd)'deki görüntü dizisine önce "1x2x3" lik uzamsal zamansal medyan süzgeç daha sonra da yine "1x2x3" lik uzamsal zamansal ortalama süzgeç uygulanarak elde edilen görüntüler



Şekil 18'nin devamı



(ee1)



(ee2)



(ee3)



(aa4)



(aa5)



(aa6)



(bb4)



(bb5)



(bb6)



(cc4)



(cc5)



(cc6)



(dd4)



(dd5)



(dd6)



Şekil 18'nin devamı



(ee4)



(ee5)



(ee6)



(aa7)



(aa8)



(aa9)



(bb7)



(bb8)



(bb9)



(cc7)



(cc8)



(cc9)



(dd7)



(dd8)



(dd9)



Şekil 18'nin devamı



(ee7)



(ee8)



(ee9)



(aa10)



(aa11)



(aa12)



(bb10)



(bb11)



(bb12)



(cc10)



(cc11)



(cc12)



(dd10)



(dd11)



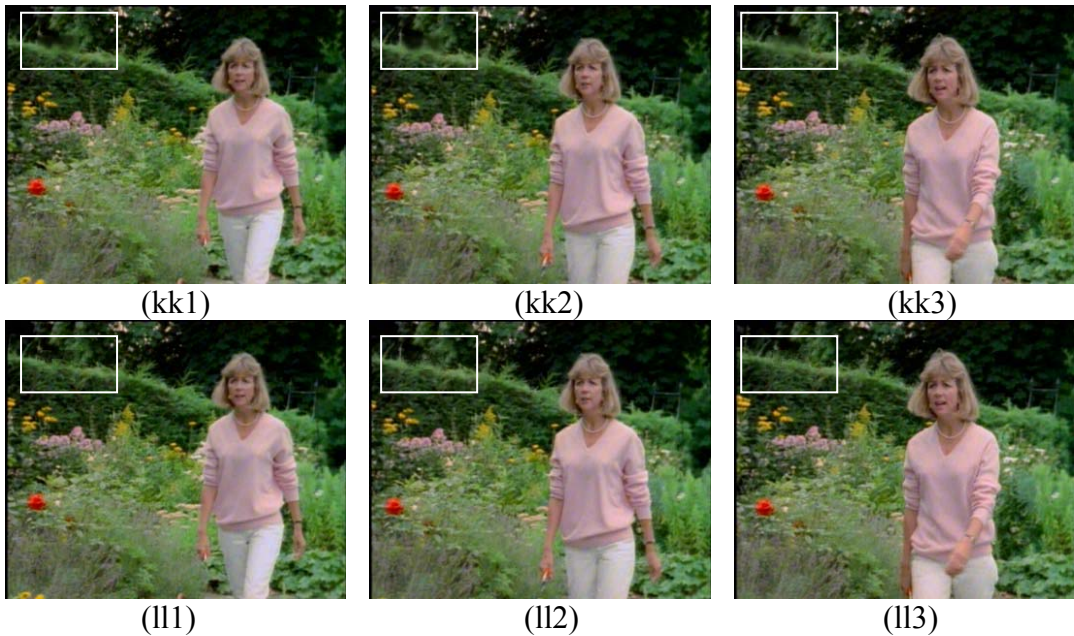
(dd12)



Şekil 18'nin devamı



Şekil 19. da Şekil 18.dd'de verilen görüntü dizisinden rasgele alınan üç görüntüye “3x3x3” lük ve “1x1x3” lik uzamsal zamansal medyan süzgeçlerin uygulanması sonuçları gösterilmektedir. İlgili şekillerden de anlaşılacağı üzere bu çalışmada kullanılan “1x2x3” boyutundaki süzgeç sonuçlarına en yakın sonucu “3x3x3” lük süzgeçler vermiştir. Bu süzgeçler görüntü dizisindeki kıpraşma etkisini belirgin düzeyde azaltmışlardır. Ancak doldurulan hedef bölgede çok belirgin bulanıklaşmalar ortaya çıkmıştır.



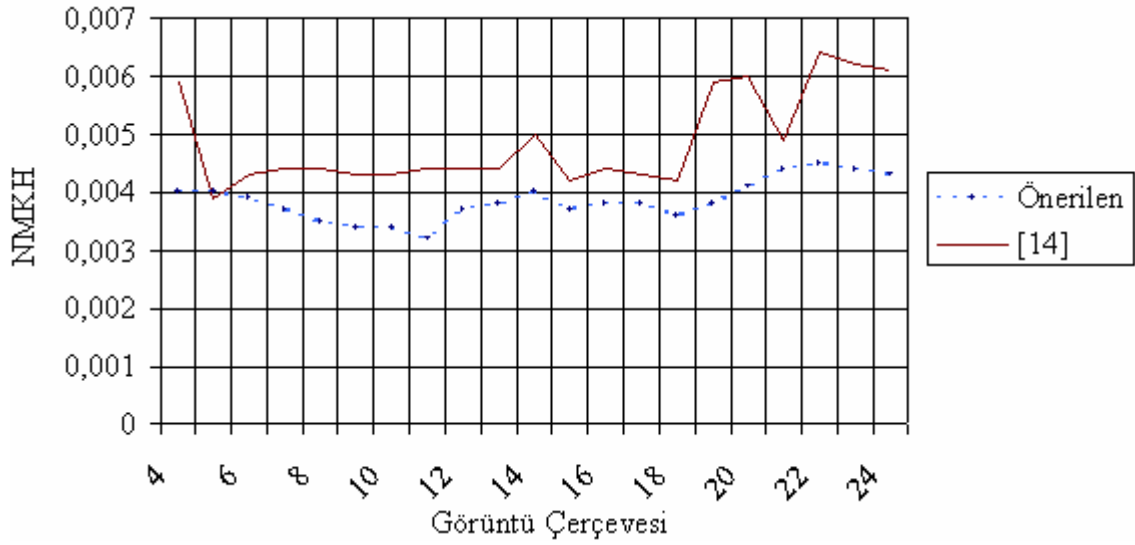
Şekil 19. Arka planı hareketli görüntülerde uygulanan değişik boyutta uzamsal zamansal süzgeç sonuçları (kk1), (kk2), (kk3) “3x3x3” lük uzamsal zamansal medyan ve arkasından “3x3x3” lük uzamsal zamansal ortalama süzgeç uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar. ll1), ll2), ll3) “1x1x3” lik uzamsal zamansal medyan ve arkasından “1x1x3” lük uzamsal zamansal ortalama süzgeç uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar.

Bu çalışmada arka planı hareketli görüntüler için seçilen görüntü dizisi özgün logolu bir görüntü dizidir. Dolayısıyla logosuz özgün görüntüye ulaşmak imkansızdır. Bu sebeple mevcut logolu görüntüde logo boyutlarında görüntünün başka bir yerinde başka bir logo oluşturulmuştur. Şekil 20. bu işlem için koşturulan görüntü dizisinden alınmış bir örnek görüntüdür.

Oluşturulan bu yeni görüntü dizisinde de önerilen ve karşılaştırılan örnek tabanlı içboyama yöntemi algoritmaları koşturulmuş ona göre bir hata grafiği elde edilmiştir. Elde edilen hata grafiği Şekil 21’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Asıl logo dışında kalan başka bir bölgesinde yapay logo oluşturulmuş özgün görüntü



Şekil 21. Arka planı hareketli görüntülerde bu çalışmada önerilen yöntem sonuçlarıyla, [14] çalışmasında önerilen yöntem sonuçlarının yapılan mutlak karesel hata miktarı bakımından karşılaştırılması

Şekil 21. Şekil 18. (aa) görüntü dizisindeki logo yok etme işleminde yapılan hata miktarını göstermektedir. Bu şekil üzerindeki kesik noktalı doğru, Şekil 18. (aa)'da verilen orijinal görüntü dizisiyle Şekil 18.(ee)'de verilen ve bu çalışmada önerilen yöntemle logosu yok edilmiş görüntü dizisinin sadece logonun olduğu yerde sınırlı olmak üzere normalize ortalama kare hatalarını 21 görüntü karesi için göstermektedir. Şekil 21 üzerindeki düz doğru ise Şekil 18. (cc)' de verilen ve [14] çalışmasında önerilen içboyama yöntemiyle logosu yok edilmiş görüntü dizisinin yine logonun olduğu yerde sınırlı olmak üzere ve yine 21 görüntü karesi için normalize ortalama kare hatalarını göstermektedir. Bahsi geçen normalize ortalama kare hatalar (21) eşitliğinde verilen formüle göre hesaplanmışlardır.

Şekil 21'ye bakıldığı zaman bu çalışmada önerilen yöntemde yapılan hata miktarı ile [14] çalışmasında önerilen yöntem hata miktarına göre daha düşüktür. Ayrıca ilgili şeklin üstündeki doğrular incelenecek olursa bu çalışmada önerilen yöntemin [14] çalışmasında önerilen yöntemle göre daha kararlı bir yapıya sahip olduğu görülür. Bu kararlılık görüntü dizisindeki göze rahatsızlık hissi veren kıpraşma etkisinin belirgin düzeyde azaltılmasıyla görsel sonuçlarda kendini daha açık göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar bu çalışmada önerilen içboyama yaklaşımının kullanılan diğer içboyama yaklaşımlarına göre üstünlüğünü kanıtlamaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada arka planı sabit ve hareketli video görüntülerinde mevcut veya yapay olarak oluşturulmuş logoların kaldırılması konusu incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada [14] çalışmasında önerilen örnek tabanlı içboyama yaklaşımı referans alınmıştır. Referans alınan bu içboyama yöntemine iki temel ilave yapılmıştır. Yapılan ilaveler ve elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

1. [14] çalışmasında önerilen arama algoritması aynı anda üç görüntü karesini tarayacak şekilde uzamsal zamansal boyuta genişletilmiştir. Yapılan bu ilavenin mevcut görüntü kalitesini özellikle arka planı hareketli görüntülerde belirgin düzeyde arttırdığı görülmüştür.

2. Burada önerilen içboyama yönteminin ilk uygulama sonuçlarına bir uzamsal zamansal medyan süzgeç arkasından da yine bir uzamsal zamansal ortalama süzgeç uygulanmıştır. Yapılan süzgeçlemeler sonucunda, içboyanmış görüntü dizilerindeki göze rahatsızlık veren kırışma etkisinin belirgin düzeyde azaltıldığı görülmüştür.

3. Burada önerilen logo yok etme algoritması video görüntüsündeki herhangi bir istenmeyen cismin yok edilmesi için de kullanılabilir. Yöntem büyük boyutlu cisimleri de başarılı bir şekilde ortadan kaldırabilecek yetenektedir. Elde edilen görsel ve grafiksel sonuçlar burada kullanılan yaklaşımın geçerliliğinin birer göstergeleridir.

## 5. ÖNERİLER

- Bu çalışmada video görüntüsü üzerindeki kaldırılacak logolu kısım kullanıcı tarafından elle seçilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda görüntü üstündeki logoyu otomatik olarak algılayan bir sistem geliştirilebilir.

- Özellikle arka planı hareketli video görüntü dizilerinde içboyama yapılırken hareket kestiriminden yararlanılabilir.

- Bu çalışmada önerilen yaklaşımda ön doldurulacak sınır üzerindeki doldurulacak yama boyutu deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Daha sonraki çalışmalarda yama boyutunu otomatik olarak belirleyen bir alt program ana programa eklenebilir.

- Bu çalışmada görüntüdeki konumu sabit olan logo kaldırılmaya çalışılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda burada kullanılan içboyama algoritması hem arka planı hem de görüntüden kaldırılacak cismi hareketli olan durumlar için genişletilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Bertalmio, M., Sapiro, G., Caselles, V., ve Ballester, C., Image Inpainting, In Proc. ACM Conf. Comp. Graphics (SIGGRAPH), Temmuz 2000, New Orleans, 417-424.
2. Li, D., Extensor-Based image and video interpolation and inpainting, Yüksek Lisans Tezi, Missouri Üniversitesi, Columbia, 2004.
3. Ashikhmin, M., Synthesizing natural textures, In Proc. ACM Symp. On Interactive 3D Graphics, Mart 2001, Research Triangle Park, NC, 217-226.
4. Bonet, J. S., Multiresolution sampling procedure for analysis and synthesis of texture images, In Proc. ACM Conf. Comp. Graphics (SIGGRAPH), Ağustos 1997, Los Angeles, 361-368.
5. Efros, A. ve Freeman, W., T., Image quilting for texture synthesis and transfer, In Proc. ACM Conf. Comp. Graphics ( SIGGRAPH), Austos 2001, Los Angeles, 341-346.
6. Efros, A. ve Leung, T., Texture synthesis by non parametric sampling, In Proc. International Conference on Computer Vision (ICCV), Eylül 1999, Yunanistan, 1033-1038.
7. Freeman, W., T., Pasztor, E., C. ve Carmichael, O., T., Learning low level vision, International Journal of Computer Vision, 40,1 (2000) 25-47.
8. Garber, D., Computational Models for Texture Analysis and Texture Synthesis. Doktora Tezi, Univ. Of Southern California, USA, 1981.
9. Heeger, D., J. ve Bergen, J., R., Pyramid-based texture analysis / synthesis, In Proc. ACM Conf. Comp. Graphics ( SIGGRAPH), Ağustos 1995, Los Angeles, 229-233.
10. Hertzmann, A., Jacobs, C., Oliver, N., Curless, B. ve Salesin, D., Image Analogies, In Proc. ACM Conf. Comp. Graphics ( SIGGRAPH), Agustos 2001, Los Angeles, 327-340.
11. Igehy, H. ve Pereira, L., Image replacement through texture synthesis, In Proc. Int. Conf. Image Processing, Ekim 1997, Santa Barbara, USA, 186-190.
12. Liang, L., Liu, C., Guo, B., Xu, Y.-Q. ve Shum, H.-Y. Shum, Real-time texture synthesis by patch-based sampling, ACM Transactions on Graphics, 20,3 (2001) 127-150.
13. Wey, L.-W. ve Levoy, M., Fast texture synthesis using tree-structured vector quantization, In Proc. ACM Conf. Comp. Graphics ( SIGGRAPH), Temmuz 2000, New Orleans, 479-488.

14. Criminisi, A., Perez, P. ve Toyama, K., Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting, IEEE Transactions on Image Processing, 13, 9 (2004) 1200-1212.
15. Zalesny, A., Ferrari, V., Caenen, G. ve van Gool, L., Parallel composite texture synthesis, In Texture 2002 Workshop, Haziran 2002, Danimarka, 1-5.
16. Ballester, C., Caselles, V., Verdera, J., Bertalmio, M. ve Sapiro, G., A variational model for filling-in gray level and color images, In Proc. ICCV, Haziran 2001, Vancouver, Kanada, 10-16.
17. Bertalmio, M., Bertozzi, A., L. ve Sapiro, G., Navier-stokes, fluid dynamics, and image and video inpainting, In Proc. Conf. Comp. Vision Pattern Rec., Aralık 2001, Hawai, 335-362.
18. Chan, T., F. ve Shen, J., 2001. Non-texture inpainting by curvature-driven diffusions(CDD), J. Visual Comm. Image Rep., 4,12 (2001) 436-449.
19. Masnou, S. ve Morel, J.-M., 1998. Level lines based disocclusion, Int. Conf. Image Processing, Ekim 1998, Chicago, USA, 259-263.
20. Bertalmio, M., Vese, L., Sapiro, G. ve Osher, S., 2003. Simultaneous structure and texture image inpainting, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Haziran 2003, Madison, WI, 1063-1069.
21. Rane, S., Sapiro, G. ve Bertalmio, M., Structure and texture filling-in of missing image blocks in wireless transmission and compression applications, IEEE Trans. Image Processing, 12,3 (2003) 296-303.
22. I. Drori, D. Cohen-Or, ve H. Yeshurun, Fragment-based image completion, ACM Trans. on Graphics, 22, 3 (2003) 303-312.
23. Harrison, P., A non-hierarchical procedure for re-synthesis of complex texture, In Proc. Int. Conf. Central Europe Comp. Graphics, Visual and Comp. Vision, Şubat 2001, Çek Cumhuriyeti, 1-25.
24. Bornard, R., Lecan, E., Laborelli, L. ve Chenot, J-H., Missing data correction in still images and image sequences, in ACM Multimedia, Aralık 2002, Fransa, 355-361.
25. Jia, J. ve Tang, C.-K., Image repairing: Robust image synthesis by adaptive and tensor voting. In Proc. Conf. Comp. Vision Pattern Rec., Haziran 2003, Madison, WI, 643-650.

## ÖZGEÇMİŞ

Meliha Ece GÜRBÜZ 16.11.1981 tarihinde Ayvalık/BALIKESİR’de doğdu. İlkokul,orta okul ve liseyi Ankara’da sırasıyla Şehit Albay İbrahim Karaođlanođlu İlkokulu, Hacıbayram Ortaokulu, Ahmet Yesevi Süper Lisesinde tamamladı. 1999–2000 Eğitim-Öğretim yılında K.T.Ü. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde üniversite öğrenimine başladı. 2004 Yılında lisans eğitimini Elektrik-Elektronik Mühendisi ünvanını alarak tamamladı ve aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2006 Ocak ayında araştırma görevlisi oldu. Halen bu görevini sürdürmektedir. Yabancı dil olarak temel düzeyde Almanca, iyi düzeyde İngilizce bilmektedir.