

BMP RESİMLER İÇİN VERİ GİZLEME TABANLI BİLGİ GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI

Feyzi AKAR

Deniz Harp Okulu, Elk./Eln. Müh. 34940 İstanbul TR feyziakar@dho.edu.tr

ABSTRACT

In this study, we propose two distinct data embedding schemes for BMP- 24 bit images. First, in order to improve the capacity of the hidden secret data and to provide the stego-image with an imperceptible quality, a novel steganographic method based on least-significant-bit (LSB) replacement and 3-distinct image embedding methods is presented. With this method, minimal deterioration in image was intended using a new RGB weight based encoding technique. In the proposed method, all of the secret documents are classified as eight-bit ASCII codes and then it is applied three distinct images. Each bits of the document is separated to 3-images by the partial divider encoder with bit-based. Thus the most effective outcome that has been obtained from each embedded images means that the decoding probability of the embedded secret document is impossible or infinite. With second method minimal deterioration in image was intended using a new RGB weight based encoding technique. In the proposed method, all of the image pixels are classified as eight regions and then it is applied eight distinct ordering coding to the each region by the partial optimization encoder. Thus the most effective outcome that has been obtained from each region means that the number of the altered bit is minimum. In this way the minimal values that have been attained from eight regions compose decoding that have the minimal mistake bit rate.

Keywords: Information hiding, data hiding, Steganography, RGB Image coding, cipher text, embedding data.

1. VERİ GÖMME TEKNİĞİ

1.1 Stenografik Metotlar

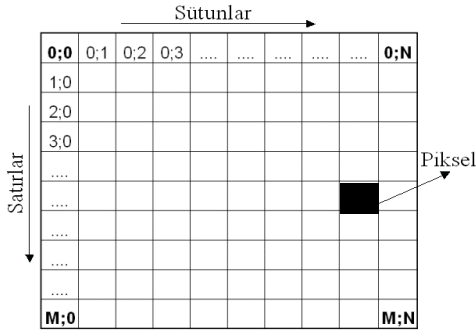
Günümüzde kullanılan stenografik metotlar gizli mesajların zararsız taşıyıcılar ile gönderilmesi metotlarını kapsamaktadır. Böylelikle gömülü mesajların barındığı resimler başlangıçta sıradan birer obje olarak görünmektedir. Bu tip mesajların taşıyıcıları masum görünümlü resim, ses, video, metin, veya diğer dijital olarak sunulan kod veya yayımlar olabilir. Gizli mesaj düz metin, şifreli metin veya bit katarı olarak sunulan herhangi bir veri olabilir. Stenografik tekniklerin ticari kullanımı

yavaş yavaş dijital “filigran”ın (watermarking) gelişmesini sağlamıştır. Burada da gizli bilginin insan duyularından gizlenmesi gerekmektedir. Veri gömme ve filigran metotlarının geniş bir tanıtımı Swanson tarafından sunulmaktadır [1].

Bilginin metin içerisinde gizlenmesi için birçok metot vardır. Bu metotlar en küçük değerlikli bit (Least Significant Bit, LSB) veya gürültü ekleme, resmin işlenmesi ve sıkıştırma algoritmaları ve parlaklık gibi resim özelliklerinin değiştirilmesi metotlarıdır. Stenografiye giriş ve dijital resimlerde uygulamaları [2]'de sunulmaktadır. Diğer, algoritmaların zaafından ve resim işleme veya onun bileşenlerinde bilgi gizleme katsayılarından yararlanarak resim içinde bilgi gizlemenin metotlarını daha güçlü yapmaktadır. Bu metotlar mesajları resmin belirgin alanlarına gizlerler ve sıkıştırma, kesme ve bazı resim işleme saldırılarına karşı LSB yaklaşımından daha güçlü kılarlar. Bir çok bölge değişim-dönüşümü mevcuttur; bir tipinde bilgi gömme aracı olarak ayrık kosinüs dönüşümü (discrete cosine transformation, DCT) kullanılır. Dönüşüm bütün resimlere uygulanabilir [3]. Bu dönüşüm tekniklerinin birçoğu orijinal, işaretlenmemiş resim kullanımını gerektirir. Bir çok makale sayısal filigran için orijinale gereksinim duymayan teknikleri önermektedir. Bir metot bu tekniklerin LSB eklemeyen yayılı izgeye birleşimini önermektedir [4]. Dönüşüm bölge tekniklerinin bir taraması [5]'de sunulmaktadır. MSB'ler (Most Significant Bits) ve dönüşümler, ses ve görüntü içerisinde gizli bilgiye insan duyu sistemi ile hemen hemen algılanamayan etkileri ile uygulanmaktadır. Ses içerisinde küçük yankılar veya göze çarpmayan sinyaller eklenebilir ve bunlar daha yüksek genlikte ses tarafından maskelenebilir [6, 7]. Dosya içerisindeki kullanılmamış alanlardan, resmin veya sesin başlığı ekstra bilgi tutmak için faydalanılabilir.

1.2. Sayısal Resim

Şekil 1 tipik olarak bir sayısal resmi göstermektedir. Bu resim M satır ve N sütunluk bir dizi ile temsil edilir. Genellikle satır ve sütun indisleri (x;y) veya (c;r) ile gösterilir. Çoğunlukla resim dizisi kare şeklindedir (M=N). Tipik M ve N değerleri: 128, 256, 512 veya 1024'tür.



Şekil 1. Bir sayısal resmi oluşturan piksellerin dağılımı.

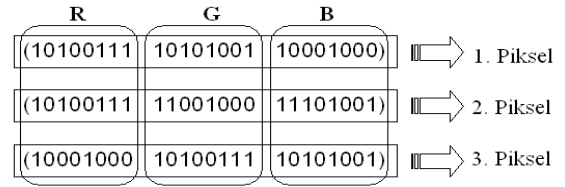
Resim dizisinin en küçük elemanlarını oluşturan hücrelerin her biri piksel olarak adlandırılır. En basit durumda pikseller 0 veya 1 değerini alır. Bu piksellerden oluşan resimlere ikili (binary) resim denir. Genellikle 1 ve 0 değerleri sırasıyla aydınlık ve karanlık bölgeleri veya nesne ve zemini (nesnenin önünde veya üzerinde bulunduğu çevre arka plan) temsil eder.

Video resimlerinin ışık seviyelerini (intensity) daha iyi derecelendirebilmek için piksel başına 1 bayt kullanılır. Bununla 0 (siyah) ile 255 (beyaz) arasında tam sayılar elde edilebilir. Bu uçtaki sayılar arasındaki değerler “gri”dir (grey) ve bundan dolayı bir resme ait tam sayı gri ton seviye (grey-level) olarak isimlendirilir. Renkli resimlerde ise; bir resim, kırmızı, yeşil ve mavi gibi temel renklerin her biri için $M \times N$ 'lik bir diziye ihtiyaç duyar. Böylece her dizinin “gri seviyeleri” belirli bir pozisyondaki pikselin kırmızı, yeşil ve mavi resimlerinin bileşenlerinin şiddetini belirler. Gerçek renkleri işleme orijinali gri olan resimlerin gösteriminde kullanılan sahte renk (pseudo-colour) ile karıştırılmamalıdır.

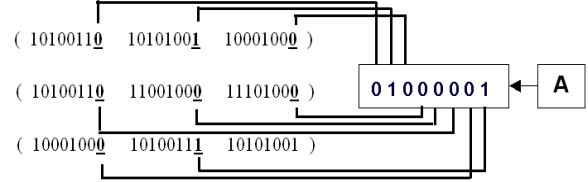
2. LSB METODU

8 bitlik bir resmin her pikseli 1 ve 0 bitlerinden oluşmaktadır ve bu bitlerin 2^8 yani 256 renk meydana getirdiği bilinmektedir. İkili sayı sistemine göre 10110111 sayısını ele alalım:

Bu sayının desimal sistemdeki karşılığı hesaplandığında 183 sayısı elde edilir. Sondaki bitin 1 veya 0 olması bu değeri çok fazla değiştirmeyecektir. Sondaki bit değeri 0 olduğu takdirde yeni oluşan kodlu ifadenin değeri 182 olacak ve renk üzerinde gözle görülecek büyük bir değişikliğe yol açmayacaktır. İşte bu en sonda yer alan bit, LSB (Least Significant Bit, en az ağırlıklı bit) olarak adlandırılır. Bu bitler yerine gizlenecek olan datanın verileri yerleştirilerek veri gizleme işlemi yapılabilmektedir.



Şekil 2. RGB ağırlıkların 24-Bit olarak dağılımı.



Şekil 2. 64-bit RGB piksel içerisine 8-bit verinin gömülmesi.

Örneğin, 24 bitlik bir resim içerisine A harfini yerleştirelim. 24 bitlik resim Şekil 2’de görülmektedir. Buradaki resim 3 pikselden oluşmaktadır. A harfinin ASCII karşılığı 065 olup ikili karşılığı $(01000001)_2$ ’dir. Şimdi her pikseldeki LSB’nin yerine A harfine ait sekiz bitin ilk üç bitinin yerleştirilmesi işlemi Şekil 3’te görülmektedir.

Dağıtım sonucunda değişen bitlerin altı çizili olarak verilmiştir. Orijinal resimle içerisine veri gizlenen resim arasında gözle görülür bir fark oluşmayacaktır. Bunun sebebi ise değişim 8-bit renk hücre biriminin en düşük değerlikli biti olan 2^0 yani 1 ağırlığına sahip olan bitinde yapılmasıdır. Dolayısıyla kırmızı-yeşil-mavi (Red, Green, Blue, RGB) ağırlıklarının her biri en fazla ± 1 değişime uğrayacak olup bazı durumlarda da aynı kalmaktadır. Bir resmi oluşturan en küçük yapı taşları piksel hücreleri olarak isimlendirilir. Piksellerin birleşimi ile resim oluşmaktadır. En küçük renk hücresi olan bir piksel, üç ayrı rengin birleşimi ile ortaya çıkmaktadır. Bu renkler kırmızı (red), yeşil (green) ve de mavi (blue). Bu üç ana rengin belirli oranlarda karışımı ile diğer yardımcı renkler elde edilmektedir. Her bir ana renk 8-bit (1 Byte) olarak gösterilir. Yani 0-255 arasında desimal bir değer alır. Bu durumda her 3 ana renk de 0-255 arasında bir değer almakta ve toplam 3-Byte’a karşılık gelmektedir [8].

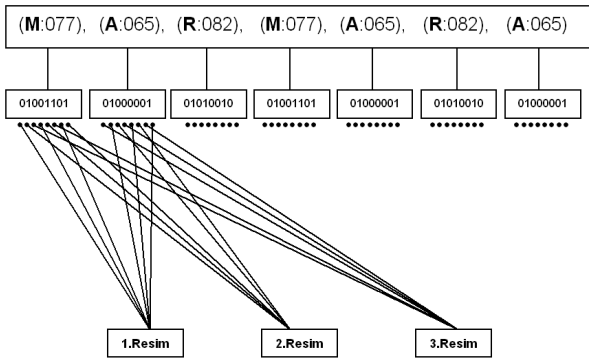
Karakteristik olarak tam-renk (full-color) bir resim 24-bit/piksel hücrelerden oluşmakta olup her bir renk bileşeni 8 bittir. Gri ölçekli bir resimde ise 8-bit/piksel kullanılmaktadır. Bir dijital resim, renk ve yoğunluk değerlerinin bir matris dağılımından oluşmaktadır. En basit stenografik veri gömme tekniği, mesajları direk olarak en düşük değerlikli bit içerisine rasgele olmayan bir düzen ve sıra ile yerleştirmektedir. LSB modülasyonu sonucunda

oluşan çok küçük değişim ve bozulmalar insan gözünün algılayabileceği seviyede değildir.

3. ÜÇ FARKLI RESİM İÇERİSİNE BİR DOSYANIN GÖMÜLMESİ UYGULAMASI

Bit Bazlı Veri Dağıtım

İlk iki dağıtım tekniğine göre güvenlik açısından avantajları, yazılım güçlüğü açısından da dezavantajları üzerinde barındıran “bit bazlı dağıtım tekniği” Şekil 4’de görülmektedir. İlk yöntemde harf bazlı, ikincisinde bölgesel bloklar ile veri gömülmesi önerilirken bu yöntemde her ikisinden farklı olarak bit bazlı olarak verilerin dağıtılması öngörülmüştür.



Şekil 4. 3-farklı resim içerisine veri gömme uygulaması: bit-bazlı dağıtım.

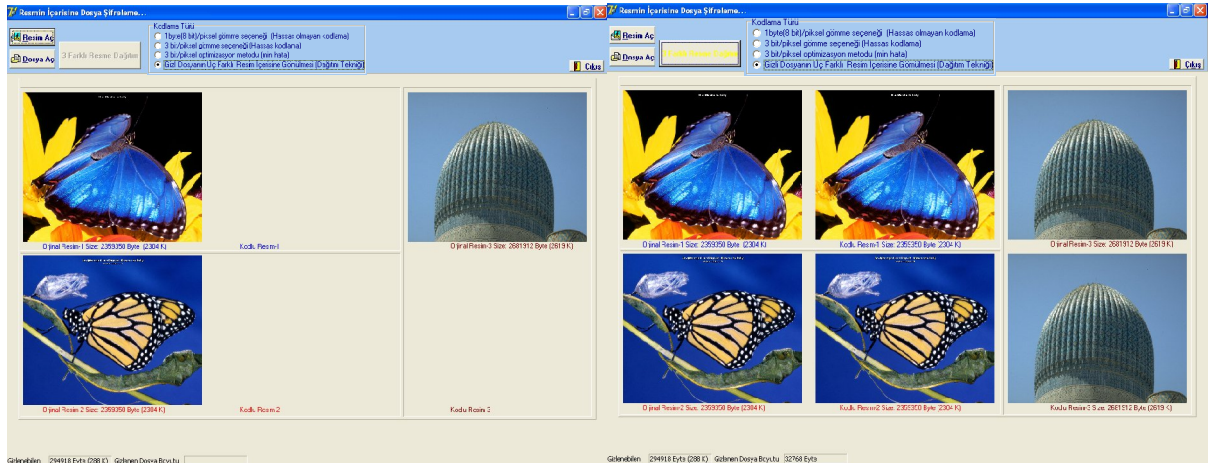
Şekil 4 dikkatlice incelendiğinde normal dağıtım yerine tercih edilen bit-bazlı dağıtım tekniğinde 1. resme ilk ASCII karakteri olan (M:077:01001101) M karakterinin 1., 4. ve 7. bitleri dağıtılmıştır. 2., 5. ve 8. bitleri 2. resme ve de 3., 6. bitleri de 3. resme verilmiştir. Böylelikle gömülen verinin yeniden inşası için her 3 resmin de hazır bulunması zorunluluğu vardır. Aksi halde verinin toplanması imkansız hale gelmektedir. Diğer gömme uygulamalarında olduğu gibi burada da kodlama

anında ön koruma olarak kullanıcı şifresi ilave edilmiştir. Uygulanan teknik kendi içerisinde bir bakıma şifreleme fonksiyonunu da içermektedir. Verilerin ASCII kodları biçiminde 8-bit ikili kodlara dönüştürülmesi ile bit seviyesine inilerek her bir bitin sıradaki resme dağıtılması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Tek bir resme sahip olan yetkisiz kullanıcıların gizli dokümanı çözmesi ya da ele geçirmesi olasılığı sifira yaklaştırılmıştır. Önerilen metodun uygulanması yazılım açısından bir çok güçlüğü beraberinde getirmiştir. Eşzamanlı ve hatasız olarak dağıtım ve toplama süreçlerini içeren karmaşık bir algoritmanın tasarlanması ve de buna göre yazılımın ortaya çıkarılması uygulamanın en zor bölümünü oluşturmuştur. Gerçekleştirilen uygulama yazılımı ile 32 Kbayt büyüklüğünde gizli bir verinin üç farklı resme gömülmesi uygulaması Şekil 5’te görülmektedir. Orijinal resim ve sonrasında oluşan gizli veri gömülü resim arasında görüntü açısından insan duyularıyla algılanabilecek düzeyde bir fark oluşmamıştır.

Üç farklı resim içerisine bir dosyanın gizlenmesi yöntemi algoritması daha önce anlatılan LSB tekniği ile ASCII kodun gömülmesi katmanı ile benzerlikler taşımaktadır. Algoritma yapısal olarak incelendiğinde;

- Uygulamanın başlatılması ile birlikte içerisine veri gömülecek olan bitmap (bmp.) uzantılı 3-resim dosyası belirlenir.
- Daha sonra gizli veri dosyası (doküman, ses, resim, sıkıştırılmış dosya vs.) seçilir.
- Gömen ve gömülen dosyalar arasında kapasite sorunu olup-olmadığı araştırılır. Burada en küçük resim dosyası referans alınmaktadır.
- Sonuç olumlu ise her 3-resmin RGB piksel ağırlıkları belirlenir.



Şekil 5. Üç farklı resim içerisine bir dosyanın gizlenmesi uygulama yazılımı

- Aynı anda gömülecek dosyanın ASCII kodları da belirlenmektedir.
- Her 3-resmin R, G ve B ağırlıkları 8-bit ikili forma dönüştürülür.
- Gömülecek ASCII kod 8-bit ikili forma dönüştürülür (A7A6A5A4A3A2A1A0).
- MSB'den başlanarak ilk bit olan A7 birinci resmin 8-bit "R" ağırlığının son bitine gömülürken sıradaki A6 biti ikinci resmin 8-bit "R" ağırlığının son bitine gömülmektedir. Benzer şekilde A5 biti de üçüncü resmin 8-bit "R" ağırlığının son bitine gömülmektedir.
- Veri gömülü pikseller yeniden üretilerek mevcut resim üzerinde ağırlık değişikliklerine gidilir.
- Gömülecek son ASCII koduna ulaşıncaya kadar işlemler devam ettirilir.

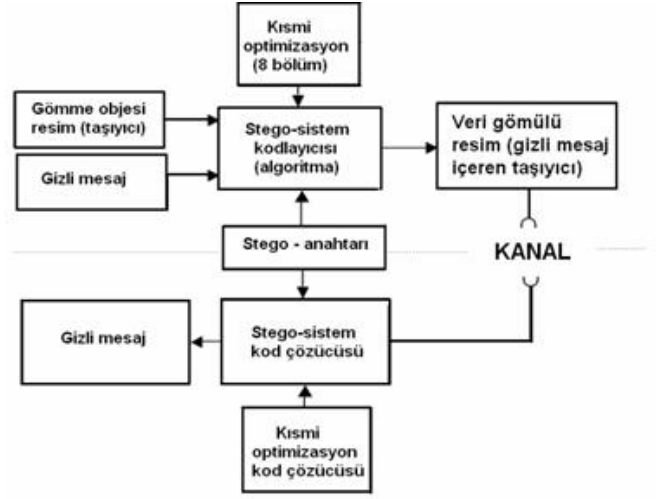
İşlemler böylece devam ettirilmektedir. Oluşan ağırlıklara göre her resim yeni RGB ağırlığını kendi resmi üzerine piksel olarak yazmaktadır. Bu işlemler gizli dosyanın son ASCII koduna ulaşıncaya kadar sürdürülür. Gizli dosyanın tamamı gömüldüğünde kullanıcı şifresi tesbit edilir. Son olarak içerisinde gizli veri gömülü olan resim tüm pikselleri ile 3-farklı resim dosyasına yazılarak gömme işlemi sonlandırılır.

4. KISMİ OPTİMİZASYON YÖNTEMİ İLE VERİ GÖMME TEKNİĞİ

Kodlama işlem sürecinde anlaşılması gereken beş bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenler Şekil 5'te görülmektedir. Teknik açıdan maske olarak adlandırılan bir taşıyıcı bulunmakta olup "c" harfi ile gösterilmektedir. Gizlenmek istenen mesaj "m" harfi ile sembolize edilmektedir. Kısmi optimizasyon "p" harfi ile gösterilmekte olup, bu bölümde maske olarak kullanılan resim sekiz farklı bölgeye ayrılmaktadır. Elde edilen gizli bilgi/mesaj ("m") içeren resim dosyası "stego-image" olarak adlandırılmakta ve "s" harfi ile gösterilmektedir. Son olarak stego şifreleme anahtarı "k" harfi ile sembolize edilmektedir. Çıkış "s"; $c + m + k + p$ stego-sistem kodlaması sonucunda oluşturulmaktadır. Kod çözme işlemi ise üç bileşenden oluşmaktadır. Kodlama işleminde kullanılan algoritma anahtarı bu durumda kod çözme sürecinde gerekmektedir.

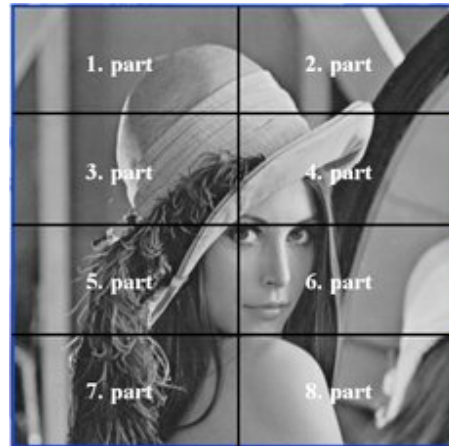
Stego-sistem kod çözücüsü bölgesel optimizasyon kod çözücüsü tarafından kontrol edilmektedir. Bu bölümdeki kod çözme işlemi tamamlandıktan sonra kodlayıcıda kullanılan aynı anahtar ile kod çözme işlemine geçilmektedir. Her iki kod çözümünde doğru sonucu bulması ile orijinal mesaj çözülebilmektedir. Aksi halde yetkilendirme prensibi dahilinde orijinal mesaja ulaşamaz. Bu

konu ile ilgili olarak şu ana kadar yapılan ve genel kabul gören çeşitli çalışmalarda [5] önerilen metot ile bağıntılı olarak herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



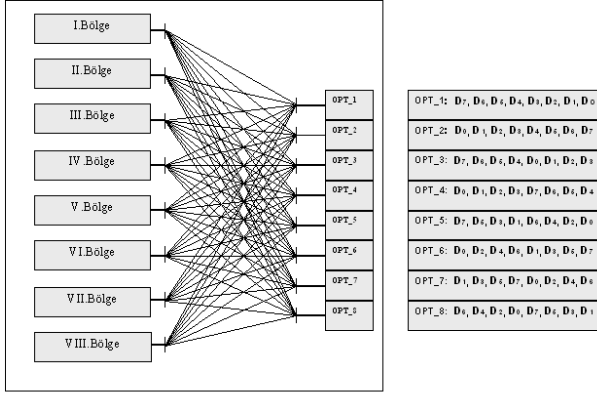
Şekil 5. Önerilen stenografik sisteme ait kodlayıcı ve kod çözücü blok diyagramı.

Şekil 6'da veri gömme süreci başlangıcında sekiz farklı optimizasyon bölgesine ayrılmış olan orijinal Lena resmi görülmektedir. Her bir bölge de kendi içerisinde yine sekiz farklı optimizasyona tabi tutulmaktadır. Örneğin kodlama işleminde birinci bölge Şekil 6'da görüldüğü gibi sekiz farklı optimizasyona tabi tutulmaktadır. Her bir bölge için maksimum optimizasyon 2^8 'e kadar artırılabilir. Ancak kodlama için harcanan zaman bununla doğru orantılıdır. Bu nedenle önerilen uygulamada 2^3 olarak seçilmiştir.



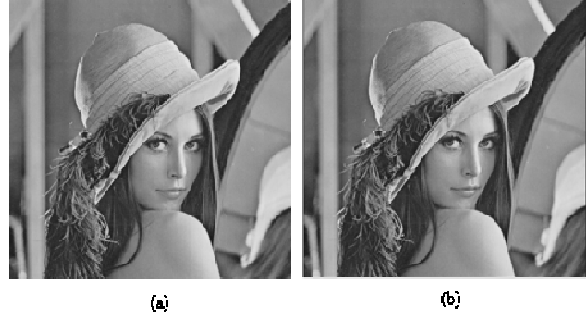
Şekil 6. Sekiz farklı optimizasyon bölgesine ayrılmış olan orijinal Lena resmi ve optimizasyon sıralamaları [6]

Şekil 7’de görüldüğü gibi her bir bölge 8-farklı optimizasyon ile veri gömme işlemine tabi tutulmaktadır. Her bir bölgenin bu farklı veri gömme sıraları ile işlevsel olarak çalıştırılması neticesinde elde edilen bölgesel resmin orijinal resim ile karşılaştırılarak, hata bitlerinin saydırılması işlemi yapılmaktadır. Böylelikle tüm bölgelerin en verimli veri gömme yöntemini veren optimizasyon türü belirlendiğinden toplamda da en az hata bitine ulaşılması sağlanmaktadır.



Şekil 7. Kısmi optimizasyon yönteminde bölgeler ile optimizasyonlar arasındaki geciciler [6].

Tablo 1’de optimizasyon uygulamaları ve sonuçları görülmektedir. Burada OPT_1 olarak adlandırılan 1. sütunda klasik LSB tekniğinin de kullandığı sırayı içeren birinci optimizasyon verileri görülmektedir. Bu sütun dikkatlice incelendiğinde; bütün resmin bu yöntem ve kodlama sırasıyla kodlandığı varsayılırsa optimum sonuca ulaşamayacağı açıktır. Bu örnekte LSB klasik kodlama sütunu sekiz farklı optimizasyonun hiçbirisinde minimum hata oranını yakalayamamıştır. Buradan en az hata oranına sahip olamadığı anlaşılmaktadır. Tüm bölgelere LSB yaklaşımının uygulanması ile ne yazık ki minimum hata/piksel oranı elde edilmektedir. Yapılan optimizasyon tarama tekniği ile ilk bölge için OPT_5 en optimum sonucu vermiştir. Çünkü burada 16139 bit hatalı 16621 bit ise aynen korunarak toplam %50,73’lük orijinal olarak korunan bit yüzdesi elde edilmiştir. Bu oran klasik LSB tekniğinde %50,37’de kalmıştır. Yalnızca bu bölgede 118 bitlik ekstra hata engellenmiştir. Benzer şekilde ikinci bölgede OPT_3 en optimum sonucu vererek % 50,25’lik bir başarı sağlamış ve LSB tekniğine göre 82 bit hata önleme iyileşmesi temin edilmiştir. Bu örnek uygulamada tüm bölgelerdeki kazanılan hata önleme bitlerinin toplamı 554 olarak hesaplanmıştır. Bunun anlamı; içerisine veri gömülen resmin LSB tekniğinde en az 184 piksel, en çok ise 554 piksel daha fazla bozulmaya yol açtığı; ancak, optimizasyon metodu ile bu bitlerin orijinal olarak korunduğu Tablo 1’de görülmektedir.



Şekil 8. Basit LSB yerdeğiştirme tekniği tarafından elde edilen veri gömme işlemi sonucu (a), Önerilen metod sonucu (b).

Şekil 9.(a)’da geleneksel LSB yer değiştirme metodu ile 512×512-piksel 8-bit orijinal Lena resmi içerisine 32 Kbayt veri gömülmüştür. Şekil 9.(b)’de ise önerilen LSB optimizasyon metodu kullanılarak aynı orijinal resim içerisine 32 Kbayt veri gömülmüştür. Dikkatlice incelendiğinde her iki resimde de insan duyarlı ile algılanabilecek bir fark yoktur. orijinal Lena ile kıyaslandığında da aynı görüş geçerlidir. Ancak bilgisayar yazılımı ile yapılan karşılaştırmalarda korunan orijinal alanın, en düşük hata/bit oranını sağlayan önerilen metod olduğu veriler (Tablo 1) ışığında kanıtlanmıştır.

4. SONUÇLAR

Önerilen ve uygulanan metotlardan ilkinde; üç farklı resim içerisine bir dosyanın gizlenmesi/gömülmesi tekniği geliştirilmiştir. Gizlenmesi istenen verinin gömme objesi olarak tek bir resim yerine üç farklı resme dağıtılması yaklaşımına göre tasarlanmıştır. ASCII kodlarının dağıtımı esnasında; her bir ASCII kodunun ardışıl olarak sıradaki resme dağıtılması yerine, kendi içerisinde her bir ASCII kodu da 8-bit olarak ifade edilip bitlere ayırım yapıldıktan sonra dağıtım işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle son derece güvenli bir kodlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Resimlerden herhangi birisinin olmaması durumunda mevcut iki resim ile gömülü gizli verinin çıkarılması olasılığı sıfıra yaklaştırılmıştır. Bu yeni özelliklerin yanı sıra kişisel şifre programa ayrıca ilave edilmiştir.

Kısmi optimizasyon yöntemi ile veri gömme tekniği uygulamasında, önerilen metod ile resmi oluşturan tüm piksel hücreleri sekiz farklı bölgede sınıflandırılarak, her bölgeye sekiz farklı kısmi-bölgesel optimizasyon uygulanmıştır. Böylelikle her bir bölgeden en efektif sonuç elde edilmiştir. Tüm bölgeler için maksimum optimizasyon 2^8 ’e kadar artırılabilir. Ancak kodlama süreci için gerekli süre bununla doğru orantılıdır. Dolayısıyla önerilen yaklaşımda bölge sayısı 2^3 olarak seçilmiştir. Her bir bölgeden elde edilen sonuçlar en efektif değerler

olup, buna göre toplamda da değiştirilen (hata) bitlerinin en aza indirildiği sonucuna ulaşılmaktadır. Uygulama sonucunda iki farklı önemli sonuca ulaşılmaktadır; Birincisi minimum hata oranı için korunan orijinal piksellerin sayısının artırılması, ikincisi ise kendi içerisinde güvenliğin oluşturulması. Optimizasyon kodlaması ile bir çeşit bölgesel kodlama yapıldığından, her bir bölgede veri gömme sırası değişeceğinden 256 farklı kodlama türünün oluşmasıdır.

KAYNAKLAR

- [1] M.D. Swanson, M. Kobayashi, A.H. Tewfik, **Multimedia Data-Embedding and Watermarking Technologies**, Proc.of the IEEE, vol. 86, no. 6, 1064–1087, June, 1998.
- [2] N.F. Johnson, S. Jajodia, **Exploring Steganography: Seeing the Unseen**, IEEE Computer, vol. 31, no. 2, pp.26–34, February 1998.
- [3] I. Cox, J. Kilian, T. Shamoan, T. Leighton, **A Secure, Robust Watermark for Multimedia**, pp. 185–206, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96), 1996.

[4] L.M. Marvel, C.G. Boncelet, Jr., C.T. Retter, **Reliable Blind Information Hiding for Images**, Proc. Information Hiding Workshop, Portland, Oregon, USA, 29–34, April 1998.

[5] N.F. Johnson, Z. Duric, S. Jajodia, **A Role for Digital Watermarking in Electronic Commerce**, ACM Computing Surveys, 1999.

[6] F.Akar, **Veri Gizleme ve Şifreleme Tabanlı Bilgi Güvenliği Uygulaması**, Doktora Tezi, 2005.

[7] D. Gruhl, W. Bender, and A. Lu., **Echo Hiding**, Proc. Information Hiding Workshop, pp. 295–315, 1996.

[8] F.Akar, H.Selçuk Varol, **A New RGB Weighted Encoding Technique for Efficient Information Hiding in Images**, Journal of Naval Science and Engineering, Volume 2, 21–36, July 2004.

Tablo 1. Orjinal Lena resmi için optimizasyon tekniği uygulaması.

		OPT_1	OPT_2	OPT_3	OPT_4	OPT_5	OPT_6	OPT_7	OPT_8
First part	A	16257	16191	16321	16167	16139	16219	16241	16235
	B	16503	16569	16439	16593	16621	16541	16519	16525
	C	50.37	50.57	50.18	50.65	50.73	50.37	50.42	50.44
Second part	A	16379	16483	16297	16497	16423	16525	16413	16417
	B	16381	16277	16463	16263	16337	16235	16347	16343
	C	50.00	49.68	%50.25	49.64	49.86	49.55	49.89	49.88
Third part	A	16407	16391	16419	16467	16397	16469	16479	16419
	B	16353	16369	16341	16293	16363	16291	16281	16341
	C	49.91	49.96	49.88	49.73	49.94	49.72	49.69	49.88
Fourth part	A	16502	16464	16504	16430	16418	16452	16460	16508
	B	16258	16296	16256	16330	16342	16308	16300	16252
	C	49.62	49.74	49.62	49.84	49.88	49.78	49.75	49.60
Fifth part	A	16595	16499	16587	16527	16527	16535	16473	16573
	B	16165	16261	16173	16233	16233	16225	16287	16187
	C	49.34	49.63	49.36	49.55	49.55	49.52	49.71	49.41
Sixth part	A	16391	16377	16383	16381	16377	16371	16365	16395
	B	16369	16383	16377	16379	16383	16389	16395	16365
	C	49.96	50.00	49.99	49.99	50.00	50.02	50.04	49.95
Seventh part	A	16613	16605	16575	16591	16549	16597	16599	16627
	B	16147	16155	16185	16169	16211	16163	16161	16133
	C	49.28	49.31	49.40	49.35	49.48	49.33	49.33	49.24
Eight part	A	16378	16336	16370	16348	16400	16370	16352	16360
	B	16446	16488	16454	16476	16424	16454	16472	16464
	C	50.20	50.32	50.22	50.29	50.13	50.22	50.28	50.25