

Aradeğerleme Hatasının Genişletilmesine Dayalı Tersinir Görüntü Damgalama



Reversible Image Watermarking Based on Interpolation Error Expansion

¹ İbrahim YILDIRIM and ¹ Burhan BARAKLI

¹Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering Sakarya University, Turkey

Abstract:

Lossless image watermarking is a technique which enables to embed the data in an image with little distortion and allows to recover the embedded data and the original image without any loss. Histogram modification is an important algorithm used in lossless image watermarking. In this study, a new lossless image watermarking strategy based on the histogram modification method is presented. It has been shown by the simulation results that the presented method in this study produces better results than the existing lossless image watermarking techniques in terms of capacity and visual quality.

Key words: Lossless Image Watermarking, Absolute Interpolation Error Expansion, Image Interpolation

Özet:

Kayıpsız görüntü damgalama, bir görüntüye gizlenmek istenen verilerin küçük bozunumlar ile saklanması sağlayan ve saklanan veriler ile orijinal görüntünün kayıpsız olarak geri elde edilmesine imkân tanıyan bir tekniktir. Histogram değiştirme, kayıpsız veri damgalamada kullanılan önemli bir algoritmadır. Bu çalışmada histogram değiştirme yöntemine dayalı yeni bir kayıpsız damgalama stratejisi sunulmuştur. Sunulan yöntemin, mevcut kayıpsız damgalama yöntemlerinden kapasite ve görsel kalite bakımından daha iyi sonuçlar verdiği simülasyon sonuçları ile gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kayıpsız Görüntü Damgalama, Mutlak Aradeğerleme Hatasının Genişletilmesi, Görüntü Aradeğerleme

1. Giriş

Bilgisayar, internet ve çoklu-ortam teknolojilerindeki gelişmeler ve bu teknolojilerin yaygınlaşması sayısal işaretlerin (sayısal görüntü, video ve ses) çok hızlı bir şekilde kopyalanmasına ve dağıtılmasına olanak sağlamıştır. Bu nedenle, çoklu-ortam içerik üreticilerinin haklarının korunması, askeri ve tıbbi gibi hassas veriler ile ilgilenen uygulamalarda veri güvenliğinin sağlanması önemli bir problem olmuştur. Sayısal işaretlerin korunması için şifreleme ve sayısal damgalama yöntemleri geliştirilmiştir. Şifreleme yöntemleri, veriyi sadece vericiden alıcıya iletimi esnasında korumaktadır. Alıcı, şifrelenmiş veriyi alıp çözdükten sonra işaret için bir koruma artık söz konusu değildir. Sayısal damgalamada ise, damga adı verilen bir işaret (örneğin yazarın imzası veya doğrulama kodu) sayısal işarete eklenir. Damgalı işaret

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: iyildirim@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955591

anlamsız olacak derecede bozulmadığı sürece, damga, orijinal işaret ile birlikte var olup yasadışı kopyalama ve dağıtma girişimlerine karşı koruma sağlayacaktır [1].

Herhangi bir damgalama yönteminde, damga ekleme sonucunda orijinal işaret değiştirilmektedir. Damga eklemenin nasıl yapıldığına bağlı olarak, damga çıkartımı ve tespiti esnasında orijinal işaret hatasız olarak geri elde edilemeyebilir. Önemli uygulamalarda, orijinal işaretle bir hata oluşması istenmez. Örneğin, bir askeri uygulamada orijinal görüntü üzerinde oluşacak bozulmalar hedef yerini değiştirip telafisi mümkün olmayan sonuçlara neden olabilir. Hassas verilerin kullanıldığı bu tür uygulamalarda, orijinal işaretin ve damganın damgalı işaretle hatasız olarak geri elde edilebilmesi önemli bir gereksinimdir. Damgalanmış işaretle orijinal işaretin hatasız olarak belirlenmesine imkân veren bir damgalama yöntemine tersinir veya kayıpsız damgalama denir [1].

Tersinir damgalamanın arkadaki temel prensip orijinal işaretle tanımlı olduğu uzaydan farklı bir uzayda temsil ederek boşluklar oluşturmak ve oluşan boşluğu veri gizleme için kullanmaktır. Daha sonra, orijinal temsile geri dönülerek damgalanmış işaret elde edilir. Mevcut tersinir damgalama yöntemleri, yeni temsildeki boşluğun nasıl oluşturulduğuna bağlı olarak ana üç gruba ayrılabilir: veri sıkıştırması [2], fark genişletmesi (FG) [3] ve histogram değiştirme (HD) [4]. Bu yaklaşımlardan ilki, düşük veri gizleme kapasitesine sahiptir ve karmaşık işlemler gerektirmektedir. Diğer iki yaklaşım ilkinin göre iyi sonuçlar vermektedir Sayısal görüntüler için boşluğun nasıl oluşturulabileceği çok sayıda çalışmada tartışılmıştır [2-10].

Bu çalışmada, aradeğerleme hatasının genişletilmesine dayalı yeni bir çalışma yapılmıştır. Diğer tersinir damgalama yöntemlerinden farklı olarak aradeğerleme tekniği kullanılarak görüntüde boşluklar oluşturulmuş ve bu boşluklara damga eklenmiştir. Tersinir damgalama tekniği olarak fark genişletmesi yerine mutlak aradeğerleme hatasına HD yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca literatürde iyi bilinen bir görüntü aradeğerleme tekniği kullanılarak pikseller arası ilinti etkin bir şekilde çıkarılmıştır. Önerilen yöntemde yüksek kapasite değerlerinde bile kaliteli görüntü sonuçlarına ulaşılmıştır.

2. Önbilgi

2.1. Mutlak aradeğerleme hatasının damgalanması

Önerilen tersinir damgalama yöntemiyle veri ekleme yaklaşımı, bir çeşit histogram değiştirme yöntemidir. Görüntü için uygulanmış histogram değiştirme yöntemlerinden iki açıdan farklıdır: veri ekleme için, öngörü hatası yerine, aradeğerleme hatası kullanılmaktadır ve aradeğerleme hatasını, mutlak hata değerine çevrilerek damgalamaktadır.

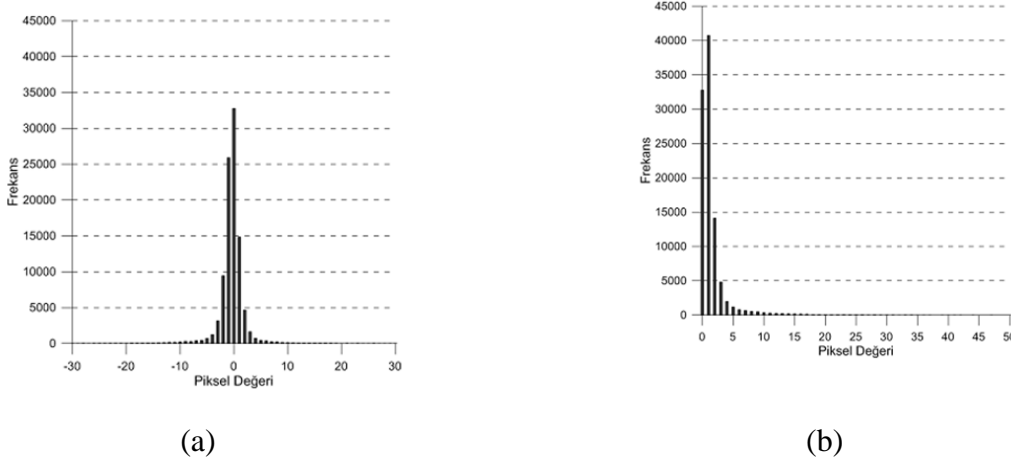
İlk aşamada, görüntüdeki tüm pikseller aradeğerleme tekniği kullanılarak elde edilir. Örneğin bir pikselin aradeğeri kendisini çevreleyen diğer piksellerden hesaplanır. Ardından aradeğerleme hatası,

$$e = x - \hat{x}$$

denklemlerle elde edilir. \hat{x} , x pikselinin aradeğerlenmiş değeridir. P , aradeğerleme hatasının tepe noktasını göstermek üzere,

$$P = \arg \max_{e \in E} \text{hist}(e)$$

denklemlerle hesaplanır.



Şekil 1. (a) Aradeğerleme hatası histogramı (b) Mutlak aradeğerleme hatası histogramı

E aradeğerleme hatasını ve $\text{hist}(e)$ ise aradeğerleme hatasının kaç kez e değerine eşit olduğunu göstermektedir. Şekil 1.a'da bir görüntüye ait aradeğerleme hatası histogramı verilmiştir. Kapasiteyi artırabilmek için, aradeğerleme hatalarına mutlak değer alma işlemi uygulanmaktadır.

$$\dot{e} = |x - \hat{x}|$$

Şekil 1.b mutlak alma işlemi sonucunda oluşan aradeğerleme hatalarının histogramı göstermektedir. Histogramlar karşılaştırıldığında, mutlak değer alma işlemi sonucunda histogramın tepe noktasının büyüdüğü görülmektedir. Dolayısıyla görüntüye eklenecek veri miktarı da artmaktadır.

Genişletilmiş aradeğerleme hatasını e^w , eklenen damgayı $b \in \{0,1\}$ temsil etmek üzere damgalı mutlak aradeğerleme hatası ve damgalı piksel değeri,

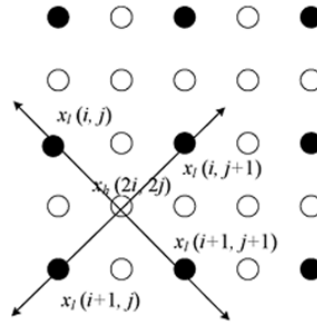
$$e^w = \begin{cases} \dot{e} + 1, & \dot{e} > P \\ \dot{e} + b, & \dot{e} = P \\ \dot{e}, & \text{diğer} \end{cases} \quad x^w = \begin{cases} \hat{x} + e^w, & x \geq \hat{x} \\ \hat{x} - e^w, & x < \hat{x} \end{cases}$$

denklemleri ile elde edilir. Bir sonraki kısımda anlatılacak olan aradeğerleme yönteminin ister

orijinal ister damgalı görüntülere uygulanması ile aynı aradeğerlenmiş görüntüye ulaşılmaktadır. Bu şekilde görüntü orijinal haline geri döndürülebilmektedir. Yukarıda yapılan işlemlerin sondan başa doğru tersi işlemleri yapılarak orijinal görüntü geri elde edilir.

2.2. Görüntü aradeğerleme

Görüntü aradeğerlemesinde ilk önce bir görüntünün düşük çözünürlüklü değeri elde edilir. Daha sonra düşük çözünürlüklü görüntü, aradeğerleme işlemi ile yüksek çözünürlüklü haline geri döndürülür. Şekil 2.'de verilen 5x5 boyutundaki bir görüntü için aradeğerleme işlemi gösterilmiştir. Örneklenmemiş piksellerden beyaz renkteki piksellerin aradeğeri elde edilir. Meraklı okuyucu aradeğerleme yöntemi için referans makaleyi inceleyebilir [11].



Şekil 2. Siyah pikseller örneklenmemiş ve beyaz pikseller alt-örneklenmiş piksellerdir

2.3. Damga ekleme ve yan bilgi

Damgalı görüntüden orijinal görüntüyü ve damgayı geri elde etmek için alıcı tarafta bazı yan bilgilere ihtiyaç vardır. Yan bilginin içeriği genellikle; mutlak aradeğerleme hatalarının histogramının tepe noktası bilgisi, histogram öteleme, damga ekleme sonucunda taşmaların olduğu (0 ve 255 piksel sınırlarının aşılması) piksellerin konum bilgisi ve diğer anahtar bilgilerden oluşmaktadır. Yan bilgilerin ikilik tabandaki gösterilimi bir dizi haline getirilerek görüntünün bir bölümüne eklenir. Damga ekleme 6 adımdam oluşur. Damga W ile belirtilmek üzere, damgalama adımları aşağıda verilmiştir.

1. Aradeğerleme algoritması ile alt-örneklenmiş piksellerin aradeğerine ulaşılır ve mutlak aradeğerleme hatası elde edilir.
2. Mutlak aradeğerleme hatası histogramı oluşturulur. Histogramın maksimum noktası bulunarak kapasite parametresi P belirlenir.
3. Görüntü belirli bir sırada taranarak Kısım 2.1'deki gibi W ile damgalanır. Eğer değeri 0 ile 255 olan piksellere karşılaşırsa bu pikseller damgalanmaz ve piksel konumları bitsel temsilde bir dizide saklanır. Damgalamanın bittiği piksel konumu bitsel temsilde bir değışkende saklanır.
4. Yan bilgilerin görüntüye eklenmesi için, yan bilgi miktarı hesaplanır. Damgalı görüntüde

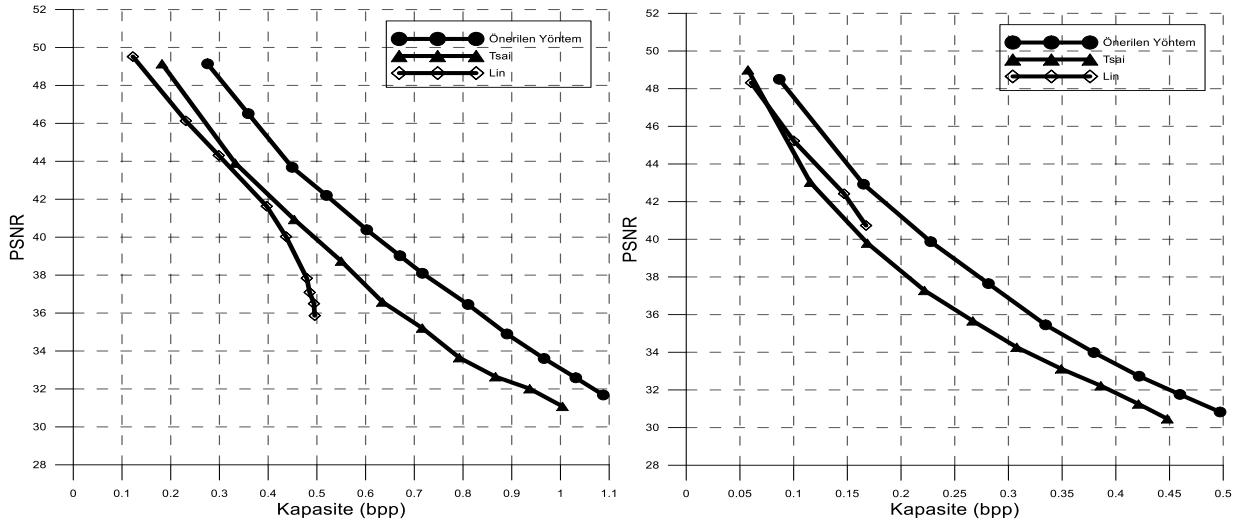
ilk yan bilgi kadar alt-örneklemiş pikselin en az anlamlı biti bir dizi olarak hazırlanır. Bu dizi adım 3'teki gibi damgalanır. Damgalamanın bittiği piksel konumu bitsel temsilde bir değışkende saklanır.

5. Yan bilgiler sırasıyla alt-örneklemiş piksellerin en az anlamlı biti ile yer değıştirilir.
6. Damgalı görüntü elde edilir.

Burada sadece alt-örneklemiş pikseller damgalama için kullanılmıştır. Gerektiği takdirde örneklememiş pikseller de yöntemde ufak değışikliklerle damgalanabilir.

3. Sonuçlar

Önerilen yöntem, Lena ve Baboon görüntüsüne uygulanmıştır. Damga ekleme ve damga çıkartımı sonrasında elde edilen görüntünün orijinal görüntüye eşit olması önerilen yöntemin doğruluğunu göstermektedir. Deneysel çalışmalarda rastgele oluşturulan damga yükleri hazırlanmış ve test görüntülerine eklenmiştir. Yöntemin başarısını test etmek üzere, kapasitesini ve kalitesini gösteren piksel başına bit miktarı (bpp) ve işaret gürültü oranı (PSNR) kullanılmıştır. Görüntünün tek seviyeli ve her pikselin 1 biti ile damgalandığı farz edilirse, görüntü kalitesinin en az $10 \log(255^2) = 48.13 \text{ DB}$ olacağı görülmektedir. Tek seviyeli damgalamada önerilen yöntemin üstün olduğu görülmektedir. Lena ve Baboon görüntüsünde önerilen yöntem ile hem görüntü kalitesinin korunduğu hem de yüksek kapasite değerlerine ulaşıldığı görülmüştür.



Şekil.3. (a) Lena (b) Baboon görüntülerinin çok seviyeli olarak damgalama sonuçları

4. Tartışma

Bu çalışmada histogram değiştirme yöntemine dayalı bir tersinir görüntü damgalama algoritması sunulmuştur. Diğer tersinir görüntü damgalama algoritmalarından farklı olarak aradeğerleme tekniği kullanılarak görüntüde aradeğerleme hatası olarak adlandırılan boş alanlar oluşturulmuştur. Kapasitenin arttırımı için aradeğerleme hatasına, mutlak değer alma işlemi uygulanmıştır. Mutlak aradeğerleme hataları bir çeşit histogram değiştirme yöntemi ile damgalanmıştır. Sonuç olarak yüksek kalitelere bile görsel kalitenin korunduğu bir yöntem sunulmuştur.

Referanslar

- [1] Langelaar G, Setyawan I, Lagendijk R. Watermarking Digital Image and Video Data: A State-of Art Overview, *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. , pp. 20-46, Sep. 2000.
- [2] Fridrich J, Goljan M, Du R. Lossless data embedding—New paradigm in digital watermarking, *EURASIP J. Appl. Signal Process.* vol. 2002, no. 2, pp. 185–196, Feb. 2002.
- [3] Tian J. Reversible data embedding using a difference expansion, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.* , vol. 13, no. 8, pp. 890–896, Aug. 2003.
- [4] Ni Z, Shi YQ, Ansari N, Su W. Reversible data hiding, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 16, no. 3, pp. 354–362, Mar. 2006.
- [5] Lin CC, Yang SP, Hsueh NL. Lossless data hiding based on difference expansion without a location map, in *2008 Congress on Image and Signal Processing*, 2008, pp. 8–12.
- [6] Hu Y, Lee HK, and Li J. DE-based reversible data hiding with improved overflow location map, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 19, no. 2, pp. 250–260, Feb. 2009.
- [7] Luo L, Chen Z, Chen M, Zeng X, Xiong Z. Reversible image watermarking using interpolation technique, *IEEE Trans. Inf. Forensics Security*, vol. 5, no. 1, pp. 187–193, Mar. 2010.
- [8] Kim HJ, Sachnev V, Shi YQ, Nam J, Choo HG. A novel difference expansion transform for reversible data embedding, *IEEE Trans. Inf. Forensic Security*, vol. 3, no. 3, pp. 456–465, Sep. 2008.
- [9] Kim KS, Lee MJ, Lee HY, Lee HK. Reversible data hiding exploiting spatial correlation between sub-sampled images, *Pattern Recognit.*, vol. 42, no. 11, pp. 3083–3096, Nov. 2009.
- [10] Tsai P, Hu YC, Yeh HL. Reversible image hiding scheme using predictive coding and histogram shifting, *Signal Process.*, vol. 89, pp. 1129–1143, 2009.
- [11] Zhang L, Wu X. An edge-guided image interpolation algorithm via directional filtering and data fusion, *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 15, no. 8, pp. 2226–2238, Aug. 2006.