

## Uyarlanırs Tersinir Görüntü Damgalama (Adaptive Reversible Image Watermarking)

<sup>1</sup>\*Can Yüzkollar, <sup>2</sup>Burhan Baraklı, <sup>3</sup>Ümit Kocacıçak

\*<sup>1,3</sup> Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

### Özet

Veri gizleme, sayısal işaretlere(ses, görüntü, video) veri ekleme yöntemidir. Bu yaklaşımda eklenen verinin çıkartılmasıyla, orijinal işaret her zaman geri elde edilemeyebilir. Orijinal işaretin kayıpsız bir şekilde geri elde edilmesi önemli olan bazı askeri ve tıbbi uygulamalarda, orijinal işaret üzerinde herhangi bir kayıp olması istenen bir durum değildir. Sayısal işaretlere eklenen verinin ve orijinal işaretin kayıpsız olarak geri elde edildiği bu tip yöntemler tersinir damgalama (veri gizleme) olarak adlandırılır. Bir tersinir damgalama yöntemindeki başarımlı, kapasite ve bozunum belirler. Bu çalışmada bir görüntüdeki kolerasyondan yararlanılarak yeni bir tersinir görüntü damgalama yöntemi sunulmuştur. Önerilen yöntem görüntü ara değerlerle hatalarının genişletilmesine dayalı uyarlanabilir yeni bir tersinir damgalama tekniğidir. Bu teknik ile bir pikselin aradeğerleme hatasının aldığı değere göre birden fazla bit gizlenebilir. Bu damgalama işleminin yüksek kapasite ve düşük bozunum ile gerçekleştirildiği deneysel sonuçlarla gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tersinir Görüntü Damgalama, Uyarlanırs Damgalama, Aradeğerleme Hatası Genişletilmesi

### Abstract

Data embedding is a method of adding (sound, image, video) data into digital signals. In this approach original signal may not always be recovered by extracting embedded data. Any loss on the original signal is not a desirable situation in some certain military and medical applications where lossless recovery of original signal is important. This type of methods in which the data embedded into digital signals and the original signal are recovered in a lossless mode are called reversible watermarking. The capacity and distortion determine the success of reversible data embedding method. Presented in this study is a new reversible image watermarking method by utilizing the correlations in an image. The recommended method is a new reversible data embedding technique that is adaptable to the enlargement of image interpolation errors. With this technique, more than one bit can be embedded depending on the interpolation error value of the pixel. it has been shown by experimental results that this embedding procedure is carried out with high capacity and low distortion.

**Key words:** Reversible Image Watermarking, Adaptive Embedding, Interpolation Error Expansion

## 1. Giriş

İnternet teknolojilerinde yaşanan gelişmeler resim, video ve ses gibi multimedya nesnelерinin günlük yaşamdaki kullanımlarını arttırmıştır. Bu medyaların yaygın bir şekilde kullanımıyla, kontrolsüz olarak yayılmalar oluşmuş, bu noktada telif hakkı koruma önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Telif hakkı korumanın yanı sıra, multimedya nesnelерinin korunması, kimlik tespitinin yapılması, indekslenmesi gibi amaçlar için de kullanılan sayısal veri damgalama herhangi bir sayısal işaretin içerisine damga adı verilen başka bir sayısal işaretin eklenmesi tekniğidir. Bu eklenen veri çıkarılırken orijinal işaret her zaman kayıpsız bir şekilde elde edilmeyebilir. Kimi askeri ve tıbbi uygulamalarda damga verisi çıkarıldığında oluşan bozunumlar telafisi mümkün olmayan neticelerle sonuçlanabilir. Damgalanmış işaretle beraber orijinal işaretin de elde edildiği bu tip yöntemler tersinir damgalama olarak adlandırılırlar.

Tersinir damgalama; kayıpsız sıkıştırma, fark genişletme ve histogram değiştirme olmak üzere üç farklı kategoriye ayrılabilir. [1] Kayıpsız sıkıştırma ile orijinal işaret üzerinde boşluklar oluşturularak, oluşturulan boşluklara damgalar eklenir. Düşük veri kapasitesi ve yüksek bozunuma sahip olduğundan pek kullanılan bir yöntem değildir. Tian tarafından ortaya atılan ve bir çeşit integer wavelet transformu olan fark genişletme yöntemi ile damga, komşu iki piksel arasındaki farka eklenir [2]. Histogram değiştirme yönteminde ise görüntünün histogramı oluşturulur. Histogram değeri maksimum olan piksel değerlerine damga eklenir [3]. Günümüzde genelde bu tip yaklaşımların iyileştirilmesi ile yeni yöntemler geliştirilmektedir.

Bu çalışmada aradeğerleme hatalarının tersinir damgalandığı yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Aradeğerleme hatalarının tersinir damgalandığı [4] çalışmasında yüksek kapasitelerde görüntü birden fazla (çoklu seviye) damgalanmakta bu da bozunum ve yan bilgi sayısında artışa neden olmaktadır. Önerilen çalışmada ise öngörü hatalarının tersinir damgalandığı [5] çalışmasında yer alan adaftiflik stratejisi aradeğerleme hataları için uygulanmış ve daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

## 2. Aradeğerleme ve Aradeğerleme Hatasının Genişletilmesi

Aradeğerleme hatasının genişletilmesi bir çeşit fark genişletme metodudur. Aradeğerleme hatasının damga eklemek için kullanılması, diğer fark genişletme yöntemlerine göre iki açıdan avantajlıdır[4]. İlki hemen hemen bütün pikseller damga eklemek için aday piksellerdir. Örneğin Tian'ın metodunda ardışık çift pikseller damgalanmaktadır. Bu da potansiyel olarak kapasiteyi yarıya düşürmektedir. İkincisi, aradeğerleme yöntemlerinde pikseller arası korelasyon etkin bir şekilde kullanılır. Dolayısıyla aradeğerleme hatası öngörü hatasına göre daha düşük çıkmaktadır. Aradeğerleme hatasının düşük olması histogramda maksimum noktalarının artmasını sağlayacak buda kapasitenin yükselmesine sebep olacaktır.

Aradeğerleme hatasının elde edilmesi için [4]'de önerilen aradeğerleme metodu kullanılmıştır.  $\hat{x}$ ,  $x$  pikselinin aradeğerine karşılık gelmek üzere. aradeğerleme hatası  $e$ ,

$$e = x - \hat{x} \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır. Elde edilen hata değerlerinin histogramından en yüksek 2 değer seçilir. Bunlar histogramdaki konumlarına göre RM (sağ maksimum) ve LM (sol maksimum) olarak adlandırılır.  $b$ ; 0 ve 1'lerden oluşan damga olmak üzere aradeğerleme hatası aşağıdaki şekilde genişletilir.

$$e^w = \begin{cases} e + b, & e = RM \\ e - b, & e = LM \\ e + 1, & e > RM \\ e - 1, & e < LM \end{cases} \quad (2)$$

Damgalanmış piksel değeri de

$$x^w = \hat{x} + e^w \quad (3)$$

olarak hesaplanır. Damgalanmış görüntünün çözümü sırasında aynı öngörü hatası elde edileceğinden yukarıdaki işlemler ters sırada uygulandığında orijinal piksel ve damga kayıpsız olarak elde edilir.

### 3. Önerilen Yöntem

Bu çalışmada aradeğerleme hatalarının uyarlanır olarak damgalanması neticesinde, geleneksel tersinir damgalama yöntemlerinin kapasite yetersizliklerini gideren yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu kapsamda aradeğerleme hatasının düşük olduğu piksellerin çok bit ile, diğer piksellerin az bit ile damgalanmasına dayalı uyarlanır damgalama gerçekleştirilmiştir. Örneğin aradeğer hatası yüksek olan bir değeri 1 bit damgalamak yerine aradeğer değeri düşük olan bir değeri 2 bit damgalamak daha avantajlı olabilir. Bu damgalama stratejisinde, kapasite artarken bile görsel kalite korunmuştur. Ayrıca piksel seçim algoritması ile de görsel kalitenin daha da artması sağlanmıştır.

#### 3.1. Damgalama Prosedürü

Önerilen damga ekleme algoritması aradeğerleme ve damgalama olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. İlk önce örneklenmemiş piksellerin aradeğeri ve aradeğerleme hatası elde edilir. Ardından bu piksellerden 2 görüntü ( $img_1, img_2$ ) oluşturulur ve damgalanır. Gerekli olması durumunda örneklenmiş piksellerde damgalama için kullanılabilir. Örneklenmiş piksellerin

aradeğeri damgalanmış örneklenmemiş piksellerden elde edilir. Ardından örneklenmiş pikseller de iki görüntüye ayrılıp damgalanır.

- İlk olarak görüntüde en sağda ve en altta birer satır ve sütun hariç kalan piksellerin aradeğer hatalarını hesapla ( $J_{ns}$ ).
  - $J_{ns}$  'ye ait piksellerin standart sapma  $SD_{ns}$  değerlerini hesapla.  $SD_{ns}(i, j) < \Delta_{tha}$  olan pikselleri birincil görüntü  $img_{ns1}$ , diğer pikselleri ise ikincil görüntü  $img_{ns2}$  olarak belirle.
  - Kapasite parametrelerini hesapla  $T_1, T_2, t_1 = \frac{T_1}{3}$  ve  $t_2 = \frac{T_2}{3}$ .
  - $flag = 0$  olarak belirle. Birincil görüntüdeki pikselleri  $img_{ns1}(i, j)$   $T_1$  and  $T_2$  parametrelerine göre 1 bit damgala, ikincil görüntüdeki pikselleri  $img_{ns2}(i, j)$   $t_1$  ve  $t_2$  parametrelerine göre 2 bit damgala.
  - Eğer  $SD_{ns1}(i, j) < \Delta_{ths}$  ve  $x(i, j) \in J_{ns}$  ise  $x^w(i, j) = x(i, j) + T_2b$
  - Eğer  $SD_{ns2}(i, j) < \Delta_{ths}$  ve  $x(i, j) \in J_{ns}$  ise  $x^w(i, j) = \begin{cases} x(i, j) + T_2b, & T_2 > e \geq 0 \\ x(i, j) - T_1b, & -T_1 \leq e < 0 \\ x(i, j) + T_2, & T_2 \leq e \\ x(i, j) - T_1, & e < -T_1 \end{cases}$
- olarak hesapla.
- $x(i, j) \in J_{ns}$  olmak üzere diğer pikselleri değişmeden bırak  $x^w(i, j) = x(i, j)$
  - Toplam damgalanmış bit sayısı  $TP$  olmak üzere  $TP < |W_t|$  ise örneklenmiş piksellerin damgalanmasına geç.  $flag = 1$  olarak güncelle ve örneklenmiş piksellerin ara değerini ( $\hat{J}_s$ ), damgalanıp örneklenmemiş ( $J_{ns}^w$ ) piksellerden hesapla. Ardından 3-4-5 adımlarını örneklenmiş pikseller olacak şekilde uyarla ve örneklenmiş pikselleri damgala.
  - Eğer  $TP < |W_t|$  ise
    - Eğer  $\Delta_{ths} \leq 255$  ise  $\Delta_{ths}$  değerini 1 arttır 5. Ve 6. adımları tekrarla. Aksi halde aşağıdaki duruma geç.
    - Eğer  $k \leq 255$  ise  $k$  değerini 1 arttır ve 4,5,6. adımları tekrarla. Aksi halde aşağıdaki duruma geç.
    - Damgalama yapılamadığına dair hata mesajı ver ve damga ekleme işlemini sonlandır.

Damga çıkarımı yukarıdaki adımların tersi uygun sırada yapıldığında kayıpsız olarak gerçekleştirilir.

## Sonuçlar

Önerilen yöntemin performansı, Şekil 1 de gösterilen lena görüntüsü için incelenmiştir. Test görüntüleri gri seviyeli (8 bit) ve  $512 \times 512$  boyutlarındadır. Deneysel çalışmalardan orijinal görüntü ile damgalanmış görüntüden elde edilen görüntünün eşit olması ile önerilen yöntemin tersinirliği sağladığını göstermektedir.



**Şekil 1.** Lena Test Görüntüsü

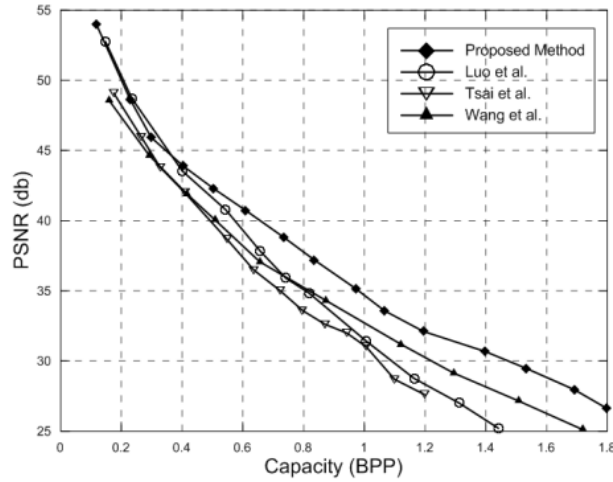
Çalışmada rastgele oluşturulan bit dizileri damga olarak kullanılmıştır. Çeşitli yöntemlerin performanslarını karşılaştırmak amacıyla piksel başına düşen bit miktarı (BPP),

$$BPP = \frac{\text{Eklenen Bit Sayısı}}{\text{Toplam Piksel Sayısı}}$$

tepe-işaret-gürültü-oranı (PSNR) ise

$$PSNR = 10 \log \left( \frac{255^2}{\frac{1}{MN} \sum_{i,j=1}^{M,N} (I(i,j) - I^w(i,j))^2} \right)$$

formülü ile hesaplanır.



**Şekil 2.** Lena görüntüsünün [7],[8] ve [9] yöntemleri ile karşılaştırılmasına ait sonuçlar

Önerilen yöntemin performansını karşılaştırmak amacıyla Luo et al. [7], Tsai et al.[8] ve Wang et al.[9] çalışmaları kullanılmıştır. Şekil 2’de de gösterildiği gibi önerilen yöntemin aynı kapasite değerleri için yüksek PSNR değerlerine ulaştığı bilgisayar benzetimleri ile gösterilmiştir.

**Kaynaklar**

- [1]Feng J. B., Lin I. C., Tsai C. S., and Chu Y. P. Reversible watermarking: current status and key issues, *International Journal of Network Security*, Vol. 2, 2006, pp. 161-170.
- [2]Tian J. Reversible data embedding using a difference expansion, *Circuits and Systems for Video Technology*, IEEE Transactions on, vol.13, no.8, pp.890,896, Aug. 2003
- [3]Ni Z., Shi Y.Q., Ansari N., and Su W. Reversible Data Hiding, *IEEE Transactions On Circuits And Systems For Video Technology*, Vol. 16, No. 3, March 2006
- [4]Luo L., Chen Z., Chen M., Zeng X., and Xiong Z. Reversible image watermarking using interpolation technique, *IEEE Trans. Inf. Foren-sics Security*, vol. 5, no. 1, pp. 187–193, Mar. 2010.
- [5]Li X., Yang B., Zeng T. Efficient reversible watermarking based on adaptive prediction-error expansion and pixel selection. *IEEE Transactions on Image Processing*, vo. 20, no. 12, pp. 3524-3533, Dec. 2011.
- [6]Thodi D. M., Rodriguez J. J. Expansion Embedding Techniques for Reversible Watermarking, *IEEE Transactions on Image Processing* 16(3): 721-730 (2007).
- [7]Luo L., Chen Z., Chen M., Zeng X., Xiong Z. Reversible image watermarking using interpolation technique, *IEEE Trans. Inf. Foren-sics Security*, vol. 5, no. 1, pp. 187–193, Mar. 2010.
- [8]Wang X., Li X., Yang B., and Guo Z. Efficient generalized integer transform for reversible watermarking, *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 17, no. 6, pp. 567–570, Jun. 2010.
- [9]Tsai P., Hu Y. C., Yeh H. L. Reversible image hiding scheme using predictive coding and histogram shifting, *Signal Process.*, vol. 89, pp. 1129–1143, 2009.