

# Sayısal Görüntü Damgalama Yöntemlerinin Jpeg Sıkıştırmasına Karşı Dayanıklılığının Karşılaştırılması

Serap KAZAN<sup>1</sup>

Cabir VURAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar Müh. Bölümü, Sakarya

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Sakarya

<sup>1</sup>e-posta:scakar@sakarya.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta:cvural@sakarya.edu.tr

## Özetçe

Sayısal bir görüntü genellikle JPEG formatında saklandığından ve bir haberleşme kanalından iletiildiğinden verilen bir sayısal görüntü damgalama algoritması JPEG sıkıştırmasına karşı dayanıklı olmalıdır. Bu çalışmada çeşitli sayısal görüntü damgalama algoritmalarının JPEG sıkıştırmasına karşı dayanıklılığı araştırılmıştır. Bu amaçla literatürde yaygın olarak kullanılan CDMA ve görüntü bölme teknikleri kullanılarak damgalar uzaysal ve frekans domeninde eklenmiştir. Frekans dönüşümleri olarak iki boyutlu ayrık kosinüs dönüşümü (DCT) ve ayrık Fourier dönüşümü (DFT) kullanılmıştır. Yapılan detaylı simülasyonla sonucunda piksel uzayında CDMA metodunun en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

## Abstract

Since digital images are frequently stored and transmitted across a communication channel in JPEG format, a given digital image watermarking algorithm must be robust against JPEG compression. In this study, robustness of various digital image watermarking algorithms on JPEG compression was investigated. For this purpose, two methods commonly used in the literature called CDMA and image tiling were applied in the spatial and frequency domains. Two dimensional discrete cosine transform (DCT) and discrete Fourier transform (DFT) were used as the frequency transformations. After extensive simulations, it was observed that spatial domain CDMA gives the best result.

## 1. Giriş

Son yıllarda sayısal çoklu ortam verilerinin kullanımı ve dağıtımının yaygınlaşmasından dolayı sayısal veriler için telif hakkı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bunun için şifreleme ve sayısal damgalama yöntemleri geliştirilmiştir. Şifreleme yöntemlerinde, sayısal veri, vericiden alıcıya olan iletimi boyunca korunmaktadır. Alıcı, veriyi alıp çözdükten sonra veri için hiç bir koruma söz konusu değildir. Sayısal damgalama yöntemlerinde ise genelde görülmeyen (görüntü, video ve metin için) veya duyulmayan (ses için) gizli bir işaret sayısal çoklu ortam verilerine eklenir. Damga adı verilen söz konusu işaret, verinin bütün kullanım ömrü boyunca mevcuttur. Bu nedenle, sayısal damgalama şifrelemeyi tamamlayıcı bir teknoloji olarak ele alınabilir.

Sayısal damgalama yöntemlerin telif haklarının korunması, kopyalama koruması, yayın izleme, veri doğrulama, veri gizleme, indeksleme, tıbbi güvenlik ve gizli iletişim gibi çok değişik uygulamaları vardır [1,2].

Sayısal damgalama gereksinimleri uygulamadan uygulamaya değişmekle birlikte algısal saydamlık, damgadaki bit sayısı, dayanıklılık, güvenlik ve eklenen damgayı geri elde etmek için orijinal veriye gerek olup olmaması en önemli gereksinimlerdir. Verilen bir sayısal damgalama uygulamasında bu gereksinimlerin hepsini aynı anda sağlamak mümkün değildir. Örneğin, damganın kasıtlı veya kasıtsız değişik işaret

işleme algoritmalarına (filtreleme, sıkıştırma, döndürme vs.) karşı dayanıklılığını arttırmak için enerjisi artırılmalıdır. Ancak, damganın enerjisini arttırmak orijinal verinin kalitesini bozacağından görsel saydamlık gereksinimi ihlal edilmiş olur. Verilen uygulama, tasarımcının hangi gereksinime öncelik vermesi gerektiğini belirleyecektir.

Sayısal görüntüler genelde JPEG formatında kaydedildiği ve bir haberleşme kanalından iletiildiği için, damgalanmış bir görüntü sıkıştırılıp açıldığında damganın yüksek bir doğrulukta geri elde edilebilmesi, diğer bir deyişle sayısal görüntü damgalama yöntemlerinin JPEG sıkıştırmasına karşı dayanıklı olması gerekir. Bu çalışmada, literatürde sıklıkla kullanılan sayısal görüntü damgalama yöntemlerinin JPEG sıkıştırmasına karşı dayanıklılığı karşılaştırılmış ve hangi yöntemin en iyi sonuç vereceği elde edilmiştir.

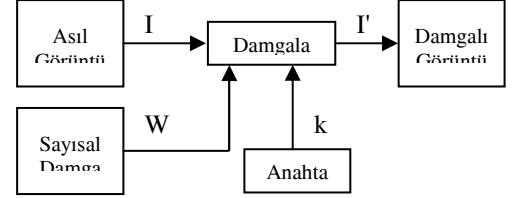
Makalenin geri kalan kısmı aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır: sayısal bir damganın sayısal bir görüntüye nasıl eklenip, ihtiyaç olması durumunda geri elde edilmesi kısım 2'de ele alınmıştır. Piksel ve frekans uzayındaki yöntemlerin JPEG sıkıştırmasına karşı dayanıklılıkları sırasıyla kısım 3 ve 4'de tartışılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ise kısım 5'de verilmiştir.

## 2. Sayısal Bir Damganın Sayısal Bir Görüntüye Eklenmesi ve Tespit Edilmesi

Sayısal bir damga, sayısal bir görüntüye değişik şekillerde eklenebilir. Bu işlemin nasıl yapılabileceği [2]'de oldukça kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Sayfa kısıtlamasından dolayı yöntemlerin hepsini vermek mümkün değildir. Literatürdeki yöntemlerin çoğu korelasyona dayalı olduğundan aşağıda sadece korelasyona dayalı sayısal görüntü damgalama işlemi piksel uzayında verilmiştir.  $I(x,y)$  damga eklenecek orijinal görüntüyü,  $W(x,y)$  eklenecek damga işaretini,  $k$  damga kazanç faktörünü ve  $IW(x,y)$ 'de damgalanmış görüntüyü belirtmek üzere, damga ekleme işlemi matematiksel olarak,

$$I_w(x,y) = I(x,y) + k.W(x,y) \quad (1)$$

ifadesiyle verilir. Damga işareti  $W(x,y)$  genelde rastgele sayılardan oluşan bir gürültüdür. Gürültü bir şifre kullanılarak üretilir ve orijinal görüntü ile korelasyona sahip olmaması gerekir. Şekil 1'de sayısal damgalama sisteminin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 1. Sayısal damgalama sisteminin blok yapısı

Damgalanmış bir  $I_w(x,y)$  görüntüsünde damganın varlığını tespit edebilmek için  $I_w(x,y)$  görüntüsü ve  $W(x,y)$  damgası arasındaki korelasyon hesaplanır. Damga tespiti esnasında damganın var olduğunu saptamak için bir T eşik değeri belirlenmelidir. Eğer korelasyon T eşik değerini aşarsa  $I_w(x,y)$  görüntüsü  $W(x,y)$  damgasını içeriyor demektir. Damga tespiti esnasında hata yapılabilir ve eşik değeri yapılacak hatayı belirler. Hatayı en küçük yapan optimum eşik değeri hesaplamasından kurtulmak için damga eşit sayıda -1 ve 1'lerden oluşan bir gürültü olarak seçilir. Bu durumda damga tespiti için korelasyonun pozitif veya negatif olmasına bakmak yeterli olur. Detaylar için okuyucunun [1]'i incelemesi önerilir.

Korelasyonu hesaplamak için damgalanmış görüntü ve damganın olasılık yoğunluk fonksiyonlarının bilinmesi gereklidir. Pratikte, bu bilgi genelde mevcut olmadığından korelasyon yaklaşık olarak hesaplanır.  $(M,N)$  damgalanmış görüntünün boyutunu ve  $R_{I_w(x,y)W(x,y)}$  damgalanmış görüntü ile damga arasındaki korelasyonu göstermek üzere korelasyon

$$R_{I'_w(x,y)W(x,y)} = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I'_w(x,y)W(x,y) \quad (2)$$

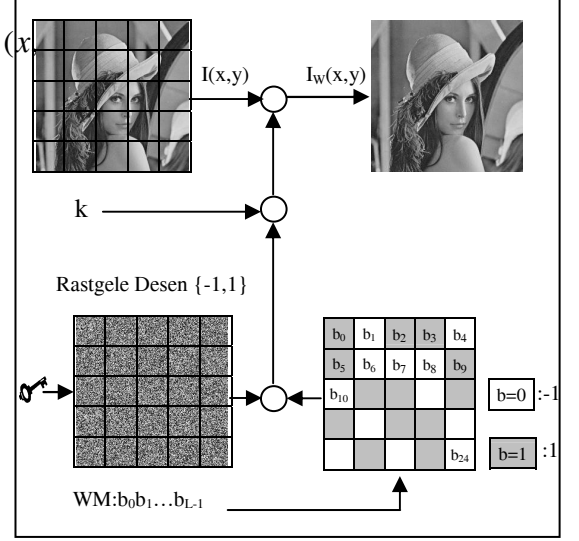
ilişkisinden yaklaşık olarak hesaplanabilir.

Eklenecek damganın birden fazla bitten oluşması durumunda damgayı eklemek için farklı iki yöntem vardır. Birinci yöntemde, damga eklenecek görüntü ile aynı boyuta sahip, eşit sayıda -1 ve 1'lerden oluşan eklenecek bit sayısı kadar rastgele gürültü oluşturulur, toplanır ve uygun bir kazanç faktörü ile çarpılarak Şekil 2'de belirtildiği gibi orijinal görüntüye eklenir. Bundan sonraki tartışmalarda bu yöntem CDMA yöntemi olarak belirtilecektir. İkinci yöntemde, damga eklenecek görüntü, eşit boyuta sahip, eklenecek bit sayısı kadar bloğa ayrıştırılır. Eklenecek her bit için, blok boyutlarına sahip, eşit sayıda -1 ve 1'lerden oluşan gürültü Şekil 3'de gösterildiği gibi bloklara eklenir. Bu yöntem ise kısaca bloklara ayırma yöntemi olarak ifade edilecektir.

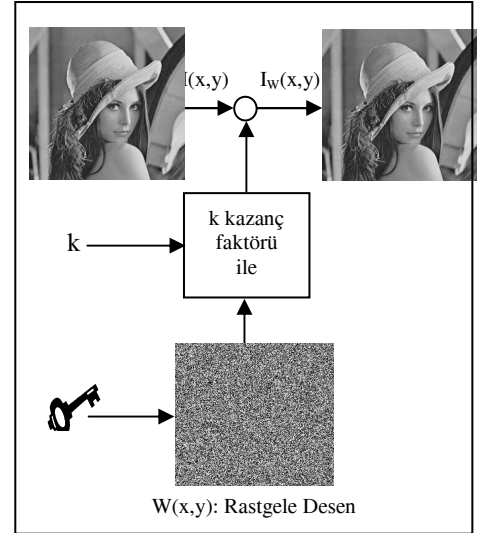
Damga, görüntüye piksel uzayında eklenebileceği gibi frekans uzayında da eklenebilir. Her iki durumdaki sonuçlar sonraki iki kısımda verilmiştir.

### 3. Piksel Uzayındaki Yöntemlerin JPEG Performansı

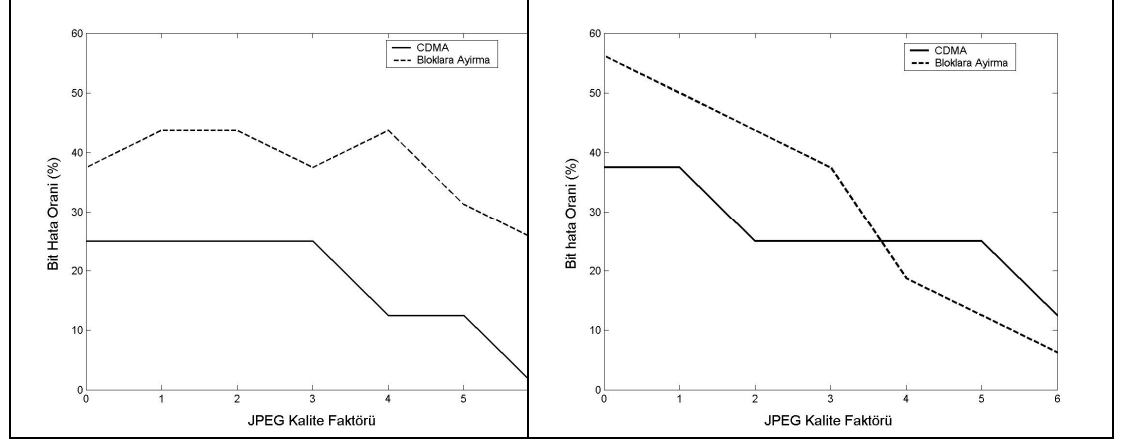
Kısım 2'de sözü edilen iki yöntemle sekiz bitten oluşan sayısal bir damga, test Lena görüntüsüne eklenmiş, sayısal damga eklendikten sonra, damgalanmış görüntü JPEG kalite faktörünün (sıkıştırma oranının) değişik değerleri için sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılmış görüntü tekrar açılıp eklenen sayısal damgadaki bitler korelasyon yöntemi ile tek tek tespit edilmiş, kalite faktörünün her değeri için "doğru olarak tespit edilen bit sayısı/toplam bit sayısı" olarak tanımlanan bit hata oranı tespit edilmiştir. JPEG sıkıştırması için [4]'de verilen kodlar kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekilde sürekli çizgi CDMA yöntemine, kesikli çizgi ise bloklara ayırma yöntemine ilişkin sonuçlardır. CDMA yönteminin sıkıştırma oranının her değeri için daha iyi sonuç verdiği açıktır.



Şekil 2. Sayısal damganın görüntünün tamamına eklenmesi (CDMA yöntemi)



Şekil 3. Sayısal damganın görüntünün bloklara bölünerek eklenmesi (görüntü bloklara ayırma yöntemi)



**Şekil 4.** Piksel uzayında CDMA ve bloklara ayırma damgalama yöntemlerinin JPEG dayanıklılığı.

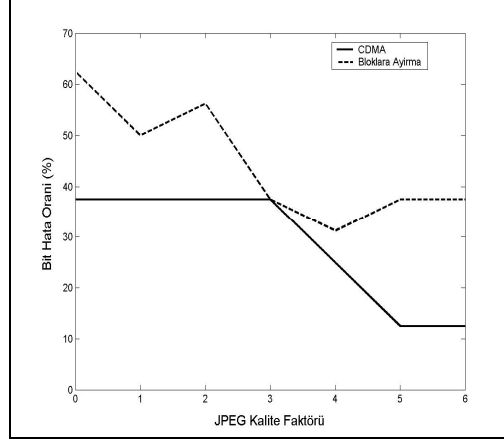
**Şekil 5.** Görüntünün iki boyutlu DCT'si alındıktan sonra uygulanan CDMA ve bloklara ayırma damgalama yöntemlerinin JPEG dayanıklılığı.

#### 4. Frekans Uzayındaki Yöntemlerin JPEG Performansı

Sayısal bir görüntünün frekans uzayı gösterilmesini elde etmek için sıklıkla kullanılan frekans dönüşümleri ayrık Fourier dönüşümü (DFT), ayrık kosinüs dönüşümü (DCT) ve ayrık dalgacık dönüşümü (DWT)'dir [3] DWT JPEG 2000 standardında kullanıldığından burada sadece DFT ve DCT ele alınmıştır.

İlk olarak, damga eklenecek görüntünün iki boyutlu DCT'si alınmış ve daha sonra kısım 2'de açıklanan CDMA ve bloklara ayırma yöntemleri kullanılarak sekiz bitten oluşan bir damga görüntüye eklenmiştir. Daha sonra JPEG kalite faktörünün değişik değerleri için bit hata oranı tespit edilmiştir. Sonuçlar Şekil 5'de CDMA yöntemi için sürekli çizgi ile, bloklara ayırma yöntemi için ise kesikli çizgi ile verilmiştir. Şekilden, piksel uzayında olduğu gibi her zaman CDMA yönteminin daha iyi sonuç vermediği görülmektedir. Düşük sıkıştırma oranlarında bloklara ayırma yöntemi daha iyi sonuç verirken yüksek sıkıştırma oranlarında ise CDMA yöntemi daha iyi sonuç vermektedir.

Görüntünün iki boyutlu DCT'sini hesaplamak gerçek değerli bir görüntüden gerçek değerli iki boyutlu bir dizi oluştururken görüntünün iki boyutlu DFT'sini almak karmaşık değerli iki boyutlu bir dizi oluşturur. Bu nedenle, DFT alındıktan sonra damgalama işlemi için gerçek değerli olan ya DFT genliği ya da DFT fazı kullanılmalıdır. İnsan gözünün bir görüntüdeki faz değişimlerine, genlik değişimlerine göre çok daha fazla duyarlı olduğu (insan kulağı için bunun tersi doğrudur, yani kulak genlikteki değişimlere fazdaki değişimlere göre daha duyarlıdır) literatürdeki araştırmalardan çok iyi bilinmektedir [3]. Bu nedenle, damgalama işlemi için DFT genliği seçilmiştir. Görüntünün iki boyutlu DFT'si alınarak, genlik elde edilmiş, CDMA ve bloklara ayırma yöntemleri kullanılarak sekiz bitten oluşan bir damga DFT genliğine eklenmiş ve daha sonra JPEG kalite faktörünün değişik değerleri için bit hata oranları elde edilmiştir. CDMA yöntemi için sonuçlar Şekil 6'da düz çizgi ile, bloklara ayırma yöntemi içinse kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Şekilden JPEG kalite faktörünün tüm değerleri için CDMA yönteminin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.



**Şekil 6.** Görüntünün iki boyutlu DFT'si hesaplanıp genlik elde edilten sonra uygulanan CDMA ve bloklara ayırma yöntemlerinin JPEG dayanıklılığı.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada, sayısal bir damganın sayısal bir görüntüye eklenip damgalanmış görüntünün JPEG sıkıştırmasına tabi tutulduktan sonra sayısal damganın hangi doğrulukta geri elde edileceği araştırılmıştır. Bu amaçla, CDMA ve bloklara ayırma yöntemleri hem piksel uzayında hem de frekans uzayında uygulanmıştır. Şekil 4'den piksel uzayında CDMA yönteminin JPEG kalite faktörünün her değeri için daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Şekil 5'den frekans uzayında DCT kullanılması durumunda kalite faktörünün büyük değerleri (küçük sıkıştırma oranları) için bloklara ayırma yönteminin, kalite faktörünün küçük değerleri (yüksek sıkıştırma oranları) için ise CDMA yönteminin daha iyi sonuç verdiği bulunmuştur. Şekil 6'dan da frekans uzayında DFT genliği kullanılması durumunda CDMA'nin her zaman üstün olduğu bulunmuştur. Son olarak, Şekil 4, 5 ve 6 birlikte değerlendirildiğinde en iyi sonucu piksel uzayındaki CDMA yönteminin, en kötü sonucu ise frekans uzayında DFT genliğine uygulanan bloklara ayırma yönteminin verdiği tespit edilmiştir.

## Kaynakça

[1] Langelaar G. C., Setyawan I., Lagendijk R. L., Watermarking Digital Image and Video Data, IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, pp. 20-43, September 2000.

[2] Moulin P., Koetter R., Data-Hiding Codes, PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol, 93, No. 12, December 2005.

[3] Gonzalez R. C., Richard E. W., Digital Image Processing, Second Edition, pp. 154-156, Prentice Hall, 2001.

[4] Gonzalez R. C., Richard E. W. Eddins S. L., Digital Image Processing Using Matlab, pp. 318-325, Prentice Hall, 2004.