

# VIDEO İŞARETLERİ İÇİN ADD - AKD TABANLI SAYISAL DAMGALAMA YÖNTEMİ

Serkan EMEK serkan.emek@digiturk.tv

DigiTurk, Digital Platform İletişim Hizmetleri A.Ş., Beşiktaş, İstanbul

Prof. Dr. Melih PAZARCI eepazarc@ieee.org

İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü, Maslak 34469 İstanbul

## Özetçe

Standartlaşmanın getirdiği üstünlüklerinden dolayı frekans boyutunda Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) kullanılarak gerçekleştirilmiş bir çok sayısal damgalama yöntemi vardır. Bu çalışmada ADD'nin insan görüş sistemine uygun yapısı, AKD'nin işaret işleme yöntemleri karşı damganın dayanıklılığı artırma özelliklerinden yararlanılarak bir ADD – AKD tabanlı sayısal damgalama yöntemi ortaya konmuştur. Daha önce sabit imgelere uygulanan bu yöntem burada MPEG-2 iletim dizileri üzerinde uygulanmıştır. Damga, bir mpeg dizisinin I-çerçevelerine uygulanır. Damga, I-çerçevenin ADD dönüşümünün belli seviyedeki bir veya daha fazla bileşeninin AKD katsayılarının orta frekans bölgesine eklenir. Yöntemin dayanıklılığı, Stirmark yazılımı ile test edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Damgalama, video, mpeg.

## 1. Giriş

Son yirmi otuz yıldır sayısal teknolojiye hızlı gelişmenin ardından çoklu ortam ağlarında sayısal verilerin iletimi oldukça hızlanmış ve kolaylaşmıştır. Kablolu ve kablolu ağlar için yüksek hızlı internetin yaygınlaşması ve oldukça uygun fiyatlı ve yaygın sayısal kayıt ve saklama cihazlarının ortaya çıkması, sayısal verilerin kopyalanmasını, iletimini ve dağıtımını zahmetsiz bir hale getirmiştir. Buna bağlı olarak çeşitli formatlardaki sayısal verilerin çoklu ortamlarda yasal olmayan paylaşımı da gittikçe artmaktadır. Bu duruma en güzel örnek MP3, formatındaki müzik parçalarının Napster adlı internet sitesi vasıtasıyla bütün dünyaya yayılması gösterilebilir.

Bu nedenlerle sayısal veriler için yasal telif haklarının sağlanması ve uygulanması oldukça önemli hale gelmiştir. Amerikan Kongresinde yasal kullanımı destekleyen Sayısal Milenyum Kullanım Sözleşmesi 1998 yılında imzalanmıştır. Aynı konuda Avrupa Birliği tarafından da içinde CD ve DVD'lerin de bulunduğu çoklu ortam ürünleri için sayısal telif haklarının korunmasına yönelik bir yasa hazırlanmaktadır[1].

Büyük maddi ve manevi uğraşlar sonunda oluşturulan içeriğe ait sayısal verilerin yasal olmayan yollarla kopyalanmasını engellemek ve telif haklarına uygun

kullanımını sağlamak için iki yöntem 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, görülmeyen ve duyulmayan gizli bir işaret sayısal çoklu ortam verilerinin içerisine gömülür. Damga adı verilen söz konusu işaret, verinin bütün kullanım ömrü boyunca mevcuttur. Sayısal damgalama yöntemleri, telif haklarının korunması, parmak izi takibi, kopyalama koruması, yayın izleme, veri doğrulama, veri gizleme uygulamalarında kullanılır [2].

Damgalama algoritmalarının bir çok farklı karakteristiği olmasına karşın etkili bir damgalama için görünmezlik – duyulmazlık, dayanıklılık, ve güvenlik [3] en önemli temel karakteristiklerdir.

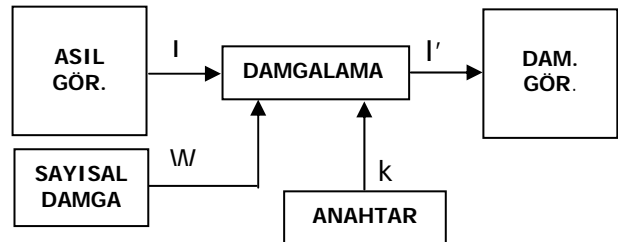
İlk damgalama çalışmalarında işlemler genellikle uzamsal boyutta yapılmıştır [4-6]. Daha sonraları frekans boyutunun avantajları fark edilerek bu boyutta da bir çok algoritma geliştirilmiştir [7,8]. Bu bildiriye, parmak izi takibi yöntemiyle yasal olmayan kopyanın kaynağının belirlenmesine temel oluşturacak Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) – Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) tabanlı sayısal damgalama yöntemi ortaya konacaktır.

## 2. Sayısal Damgalamanın Temel Prensipleri

Matematiksel olarak sayısal damgalama işlemi:

$$I_w(u,v) = I(u,v) + k.W(u,v) \quad (1)$$

gibi ifade edilebilir. Burada  $I(u,v)$  asıl görüntüyü,  $W(u,v)$  damga işaretini,  $k$  damgalama katsayısını ve  $I_w(u,v)$  damgalanmış işareti göstermektedir. Şekil 1'de sayısal damgalama sisteminin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 1. Sayısal damgalama sisteminin blok yapısı

Çoklu ortam verilerine gömülen damga çeşitli yollarla algılanabilir. Basit olarak damga algılama işlemi benzerlik ölçümüyle yapılır. Asıl damga ve çıkarılmış damga arasındaki benzerlik bir kaç yolla değerlendirilebilmekle beraber genellikle benzerlik ölçümlerinde ilişki tabanlı teknikler kullanılır.

Oldukça yaygın olarak kullanılan bir damga benzerlik ifadesi

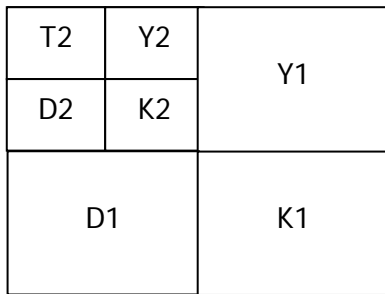
$$ben(W, W^*) = \frac{WW^*}{\sqrt{WW^*}} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $W(u, v)$  asıl damga işaretini,  $W^*(u, v)$  ise algılanmış damga işaretini göstermektedir. Damga algılama işlemi için  $ben(W, W^*) > T$  kullanılır, burada  $T$  belirlenen bir eşik değeridir.

### 3. ADD–AKD Tabanlı Sayısal Damganın Eklenmesi

Frekans boyutunda damga eklemenin en büyük avantajı frekans boyutunda eklenen damganın uzamsal boyutta çok iyi dağılması ve damganın asıl görüntüden çıkarılmasının oldukça güç olmasıdır. Bu sebeple önerdiğimiz damgalama işlemi frekans boyutunda gerçekleştirilmiştir. İnsan görüş sistemine uygun yapısından dolayı Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) ve saldırılar karşısında dayanıklılığından dolayı Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) ortak bir algorithmada birleştirilerek yeni bir sayısal damgalama yöntemi ortaya konmuştur.

İlk aşama ADD kullanılarak asıl görüntü 4. seviyeye kadar alt bantlara ayrılır. T: temel düşük frekans bileşenini, Y: yatay orta frekans bileşenini, D: dikey orta frekans bileşenini, ve K: köşegensel yüksek frekans bileşenini gösterir. Şekil 2’de sadece iki seviyeli ADD alt bantları görülmektedir. Damga işareti herhangi bir seviyedeki Y veya D orta frekans bileşenlerinden birine eklenir. T temel düşük frekans bileşenine görünmezliği sağlamak, K yüksek frekans bileşenine ise damganın kolayca bozulmasını önlemek için damga işareti eklenmez.



Şekil 2. İki seviyeli ADD alt bantları

Asıl görüntüden damga işaretinin algılanmasını engellemek için temel görüntüye çeşitli işaret işleme yöntemleri kullanılarak saldırıda bulunulmaktadır. Özellikle sıkıştırma, döndürme, ölçeklendirme ve dönüşüm işlemlerine karşı damga işaretinin dayanıklılığını artırmak için, ADD sonunda elde edilen herhangi bir seviyedeki orta frekans bileşeninin Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) alınır.

$$I(k, l) = AKD\{I(u, v)\} \quad (3)$$

Damga işareti, seçilen bileşenin AKD katsayılarının yine orta frekansa değerlerine karşı düşen katsayılarına eklenir. Etkinliğini artırmak için (3)’de ifade edilen AKD işlemi, seçilen ADD bileşenine 8x8 boyutlarında bloklar halinde uygulanır. Damga olarak [-0.5, 0.5] aralığında düzgün değişen sıfır ortalamalı bir rastlantısal işaret seçilir. Bu rastlantısal işaret tek bir çekirdek sayıdan rastlantısal fonksiyon yardımıyla üretilir. Eklenen damga işaretinin değerlerini orta frekans bileşeninin AKD katsayıları ile ölçeklendirmek için seçilen bandın AKD katsayılarının minimum değeri hesaplanarak bunun belirli bir yüzdesiyle damga işareti çarpılmıştır. Bu işlemin matematiksel ifadesi (4)’de görülmektedir:

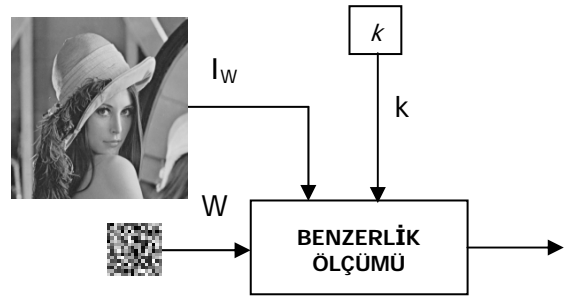
$$I_w(k, l) = I(k, l) + k \cdot f(I(k, l))W(k, l) \quad (4)$$

Seviye değeri artıkaça katsayı değeri, k, göreceli olarak azaltılır. Ayrıca damgayı asıl görüntüyle bağımlı hale getirmek için (5)’de gösterilen ifade kullanılmıştır.

$$I_w(k, l) = I(k, l)[1 + k \cdot f(I(k, l))W(k, l)] \quad (5)$$

### 4. ADD–AKD Tabanlı Sayısal Damganın Algılanması

Asıl görüntüye algılama işleminde ihtiyaç yoktur. Damgalanmış görüntü, katsayı değeri ve damgayı üretmede kullanılan çekirdek değeri kullanılarak algılama yapılır. Şekil 3’de ADD - AKD yöntemiyle eklenen işaretin algılanmasının blok yapısı görülmektedir.



Şekil 3. Algılama işleminin blok yapısı

Benzerlik ölçümü, damgalanmış veri  $I_w(u, v)$ , ve damgalanmış veriyle damga işaretinin çarpımından

üretilen  $I_w(u,v)^*$  kullanılarak yapılır. Bu işlemin matematiksel ifadesi (6)'da görülmektedir.

$$\begin{aligned} E[I_w.I_w^*] &= E[(I+kW)W.(I+kW)] \\ E[I_w.I_w^*] &= E[(I+kW)(IW+kW^2)] \quad (6) \\ E[I_w.I_w^*] &= E[I^2W+kIW^2+kIW^2+k^2W^3] \end{aligned}$$

Asıl görüntü ve damga işaretinin ilişkisiz olduğu varsayımı altında, benzerlik ölçümü

$$E[I_w.I_w^*] = k^2 E[W^3] \quad (7)$$

gibi elde edilir. Benzerlik ölçümünde sonuçları iyileştirmek için, karşılaştırılacak iki vektörün ortalama değerleri kendilerinden çıkarılarak işlem yapılır.

## 5. Başarım Kriterleri

Damgalama yöntemlerinin başarımlarını ölçmede Ortalama Karesel Hata ve Tepeden Tepeye İşaret Oranı yeterli görülmemekle beraber karşılaştırma yapılabilmesi açısından bu iki kriter ölçeklendirilmiş olarak kullanılmıştır.

- Ölçeklendirilmiş Ortalama Karesel Hata:

$$\text{ÖOKH} = \frac{1}{N^2} \sum_u \sum_v \left( \frac{I(u,v) - I_w(u,v)}{255} \right)^2 \quad (8)$$

Burada  $I(u,v)$  asıl görüntüyü,  $I_w(u,v)$  damgalanmış işareti göstermektedir. Kullanılan görüntülerin benek değerleri 8 bitle kodlandığından tepe değer olarak 255 alınmıştır.

- Ölçeklendirilmiş Tepeden Tepeye İşaret Gürültü Oranı:

$$\text{ÖTİGO} = 10 \log_{10} \frac{1}{\text{ÖOKH}} \quad (9)$$

Ayrıca damgalama yönteminin başarımlarını test etmek söz konusu yöntem Stirmark 3.1 deneme sistemi kullanılarak test edilmiştir. Stirmark 3.1 deneme sisteminde damgalanmış görüntüye

- küçük açılarla döndürme ve kırma
- küçük açılarla döndürme, kırma ve tekrar asıl boyutuna ölçeklendirme
- ölçeklendirme
- merkezlenmiş kırma
- keşkinleştirme
- Median süzgeçleme
- Gaussian süzgeçleme

- Frequency Mode Laplacian Removal (FLMR)
- JPEG sıkıştırma
- simetrik ve asimetrik satır ve sütun çıkarma
- simetrik ve asimetrik kesme
- genel doğrusal geometrik dönüşüm
- rastlantısal geometrik dönüşüm

yöntemleri kullanılarak saldırılar düzenlenir. Daha sonra saldırı düzenlenmiş görüntü kullanılarak damga algılanmaya çalışılır [9].

## 6. AKD – ADD Tabanlı Sayısal Damgalama Yönetiminin Video İşaretlerine Uygulanması

Sabit görüntüler için elde edilen sonuçlardan hareketle AKD – ADD tabanlı sayısal damgalama yöntemi video işaretleri üzerinde uygulanmıştır [10]. Bu amaçla en yaygın video formatı olan MPEG-2 iletim dizisi temel alınmıştır. Bir MPEG-2 iletim dizisi I, P ve B çerçeveleri içeren resim gruplarından (GOP) oluşur. Bu çerçevelerden I çerçeveler, başka görüntülerden bağımsız olarak, her çerçeve kendi içinde işlemlerle sabit görüntülere benzer şekilde sıkıştırılır. Bu yöntemde damgalama, MPEG-2 iletim dizilerinin sadece I çerçeveleri üzerinde sabit imge damgalar gibi uygulanmıştır.

## 7. Benzetişimler ve Sonuçlar

ADD-AKD tabanlı sayısal damgalama yöntemi yaygın görüntüler üzerinde denenirken, ÖTİGO oranı 40-45 dB ve ÖOKH değeri  $10^{-5}$  ler mertebesinde oluşacak şekilde k katsayısı ve çekirdek değeri belirlenmiştir.

Tablo 1. Farklı seviyelerde OKH değerleri

seviye	katsayı	bileşen	çekirdek	ÖOKH	ÖTİGO
1	6,00E-04	H	654	8,19E-05	40,51
1	3,00E-04	V	654	7,39E-05	41,32
2	6,00E-05	H	654	3,45E-05	44,62
2	4,00E-05	V	654	4,04E-05	43,94
3	8,00E-06	H	654	2,63E-05	45,80
3	5,00E-06	V	654	2,64E-05	45,86
4	2,00E-06	H	654	4,16E-05	43,80
4	5,00E-07	V	654	5,54E-05	42,56

Tablo 1'de, farklı ADD seviyeleri için k katsayıları ve çekirdek değeri verilmiştir. Tablo 2'de ise, farklı ADD seviyelerinde ve değişken k için gömülü damgaların farklı JPEG sıkıştırma/açma işlemlerinden sonra elde edilen benzerlik değerleri yer almaktadır. Bu benzerlik değerleri, üzerinde işlem yapılan 8x8 parçaların

benzerliklerinin ortalaması alınarak elde edilmiştir.

Tablo 2. Saldırıya uğramış imgelerden damganın algılanması

saldırı	Lena	baboon	boat	peppers
döndürme ve kırpma	1	1	1	1
döndürme, kırpma ve ölçeklendirme	1	1	1	1
ölçeklendirme	1/0	1/0	1/0	1/0
merkezlenmiş kırpma	0	0	0	0
keşkinleştirme	1	1	1	1
Median süzgeçleme	1	1	1	1
Gaussian süzgeçleme	1	1	1	1
FLMR	1	1	1	1
simetrik ve asimmetrik satır ve sütun çıkarma	1/0	1/0	1/0	1/0
simetrik ve asimmetrik kesme	1	1	1	1
genel doğrusal geometrik dönüşüm	1	1	1	1
raslantısal geometrik dönüşüm	1	1	1	1
JPEG sıkıştırma	1	1	1	1

Tablo 2’de farklı seviyede ve bileşende damgalanmış I-çerçeveye Stirmark 3.1 yoluyla yapılan saldırılar sonunda yöntemin dayanıklılığını gösteren sonuçlar yer almaktadır. Bu testler için, keyfi I resimler yerine, bilinen sabit imgeler kullanılmıştır. Tablodaki “1” değerleri damganın başarıyla algılandığını, “1/0” değerleri damganın bazı durumlarda algılandığını, “0” değerleri damganın algılanmadığı durumları göstermektedir.

MPEG-2 iletim dizisi çerçevelerine ayrıldıktan sonra elde edilen I çerçeveleri üzerinde sayısal damga eklendikten sonra video işareti tekrar kodlanmaktadır. Bu kodlama sırasında, B ve P çerçevelere referans olarak damgalanmamış I çerçeveler kullanılır fakat kodlanmış akışa damgalanmış I çerçeveleri yerleştirilir. İşlemin bu şekilde yapılması ayrıca, damgalamanın MPEG kodlanmış bir video işarete uygulanması halinde akış içinde sadece I çerçevelerin değiştirilmesini yeterli kılar. Pratikte kullanılan resim grubu uzunlukları için sayısal damgalamadan kaynaklanan hata oranı video işaretinde bozulmaya neden olmayacak kadar küçüktür.

Yöntem ham görüntü çerçeveleri üzerinde uygulandıktan sonra elde edilen çerçeve dizisi, MPEG-2, MPEG-4, WM9 gibi çeşitli formatlarda da kodlanabilir.

## Kaynaklar

1. G.C.Langelaar, I.Setyawan, R.L. Lagendijk, “Watermarking Digital Image and Video Data”, IEEE Signal Processing Magazine, pp 20-46, September 2000.

2. F. A. Petitcolas, R. J.Anderson, M.G.Kuhn, “Information Hiding – A Survey”, Proc. IEEE, vol 87, no 7, pp. 1062-1078, July 1999.
3. C. I. Podilchuk, E. J. Delp, “Digital Watermarking: Algorithms and Applications”, IEEE Signal Processing Magazine, pp 33-46, July 2001.
4. F. A. Petitcolas, R. J. Anderson, “On the limits of steganography”, IEEE J. On Selected Areas in Communication, vol. 16, pp. 474-481, May 1998.
5. F. Bartoloni, M. Barni, V. Capellini, A. Piva, “Mask Building for Perceptually Hiding Frequency Embedded Watermarks”, Proc. 5th IEEE Int. Conf. Image Proc, vol I, pp. 450-454, Oct 1998.
6. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, “Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia,” IEEE Trans. Image Processing, vol. 6, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
7. X. Kang, J. Huang, Y.Q.Shi, Y.Lin “A DWT-DFT Composite Watermarking Scheme Robust to Both Affine Transform and JPEG Compression”, IEEE Transactions on Circuit and Systems, vol.3, no. 8, pp 776-786, August 2003.
8. M. Ejima, A. Miyazaki, “A Wavelet-based Watermarking for Digital Images and Video Image Processing, 2000. Proceedings. 2000 International Conference on , vol 3 , pp 678 - 681 ,2000.
9. M. Kutter, F.A. Petitcolas, “A fair benchmark for Image Watermarking Systems”, 11th Annual Symposium on Electronic Imaging, IS&T/SPIE, pp 23-29, Jan 1999.
10. S. Emek, M. Pazarcı, M. Yücel “ Sabit Görüntüler için AKD-ADD Tabanlı Sayısal Damgalama Yöntemi”, SIU 2004, pp 34-36, Nisan 2004.