

Diferansiyel Gelişim Algoritması İle Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Resim Damgalama

Veysel Aslantas, Ahmet Oz

Özet— Bu çalışmada diferansiyel gelişim algoritması (DGA) kullanılan, tekil değer ayrışımına (SVD) dayalı yeni bir damgalama (watermarking) tekniği geliştirilmiştir. Damgalı resim, çoklu ölçekleme faktörleriyle ölçeklenmiş damganın, damgalanacak resmin tekil değerlerine eklenmesi suretiyle elde edilmektedir. En yüksek dayanıklılık ve saydamlığa ulaşabilmek için, en iyi ölçekleme faktörleri DGA algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Geliştirilen teknikle yapılan deneysel sonuçlar, resim kalitesinde en az düzeyde bozulmaya ve saldırılara karşı da en yüksek oranda sağlamlığa ulaşıldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler—Tekil Değer Ayrışımı, Damgalama, Diferansiyel Gelişim Algoritması

I. GİRİŞ

SAYISAL damgalamanın arkasındaki temel fikir, telif hakkı koruması, erişim kontrolü ve yayın izleme vb. amaçlı olarak barındırıcı (host) verinin içine bir damga gömmektir. Damga bir etiket veya bir sayısal sinyal olabilir. Barındırıcı ise ses, resim veya video gibi bir multimedya nesnesi olarak seçilebilir. Damgalama teknikleri, damgalama yapılacak uzaya, damgalamanın görülebilirliğine ve kalıcılığına bağlı olarak sınıflandırılabilir [1, 2].

Damganın gömüleceği uzaya göre, damgalama teknikleri, piksel ve frekans uzayı teknikleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Piksel uzayı teknikleri damgayı, bizzat orijinal resmin piksel değerlerine ekleyerek gömmektedirler [3-5]. Diğer taraftan frekans uzayı teknikleri ayırık Fourier dönüşümü (DFT), tekil değer ayrışımı (SVD), ayırık dalgacık dönüşümü (DWT) gibi frekans uzaylarının katsayılarına damgayı eklemek suretiyle gerçekleştirilir [6,7]. Genel olarak piksel uzayı metotları, frekans uzayı metotlarına göre çeşitli saldırılara karşı daha az dayanıklıdır.

Görülebilirliğe göre sayısal damgalar ikiye ayrılmaktadır: Görünür ve saydam olan damgalar. Görünür damgalar, TV kanallarının yayımlarına eklenmiş logolar gibi insan gözüyle rahatlıkla görülebilen damgalardır. Multimedya içeriğinin sahibi hiçbir çaba gerektirmeden görülebilmekle birlikte bu tür damgaların bozulması veya içerikten çıkarılması nispeten kolaydır. Saydam damgalar ise insan tarafından algılanamayacak şekilde barındırıcı veriye gömülebilen

V. Aslantas, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri'de görev yapmaktadır (email: aslantas@erciyes.edu.tr, telefon: +90 352 4374901 - 32602).

A. Öz, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri'de yüksek lisans eğitimine devam etmektedir (email: ahmetoz@gmail.com).

damgalardır. Damgalanmış veri damgalanmamış veri ile insan tarafından ayırt edilemeyecek kadar benzer olmalıdır. Yasadışı bir kullanım durumunda gömülmüş damga, sahipliği göstermek amacıyla kullanılabilir. Bu çalışma, saydam damgalama tekniğiyle ilgilidir.

Kalıcılığına göre saydam damgalar dayanıklı ve kırılğan olmak üzere ikiye ayrılabilir. Dayanıklı damgalar; filtreleme, geometrik bozulma, gürültü eklenme gibi kasıtlı veya kasıtlı olmayan işlemlere karşı dayanıklı olmaları için tasarlanmıştır. Telif hakkı korunması için bu tür bir damgalama yapmak gereklidir. Kırılğan damgalar veri üzerinde yapılacak işlemler ve değişiklikler tarafından kolayca bozulabilen damgalardır. Bu tür damgalar genel olarak doğrulama amaçlı kullanılmaktadır.

Dayanıklılık ancak piksel veya frekans uzaylarında yapılacak kayda değer değişiklikler sayesinde başarılabilir. Fakat bu değişiklikler barındırıcı resimde yüksek derecede bozulmalara sebep olacağından, damganın saydamlığı şartını olumsuz yönde etkileyecektir. Dolayısıyla, optimal bir damgalamanın sağlanabilmesinde, bu iki gereklilik (dayanıklılık ve saydamlık) arasında daima bir dengenin bulunması söz konusu olmaktadır. Bu yüzden resim damgalama, bir optimizasyon problemi olarak düşünülebilir. Çeşitli çalışmalarda yapay zeka teknikleri; DCT [8], DWT [9,10] ve piksel uzayı [11] damgalama metotlarının sonuçlarını optimize etmek amacıyla kullanılmıştır.

Bir damga (W) herhangi bir barındırıcı resmin (I) piksel değerlerine veya frekans uzayı katsayılarına eklenerek gömülebilir. Damga, gömme işleminden önce bir ölçekleme parametresiyle ölçeklenebilir. Ölçekleme parametresi (SF) damga gücünü belirlemede kullanılır. SF büyüdükçe barındırıcı resmin kalitesinde bozulma meydana gelirken damganın dayanıklılığı da artmaktadır. Diğer taraftan ölçekleme parametresi küçüldükçe barındırıcı resmin kalitesindeki bozulmalar az olurken damganın dayanıklılığı da azalmaktadır. Ayrıca, resmin piksel veya frekans uzayındaki bileşenleri, damga eklemekten kaynaklanacak değişimlere farklı derecede tolerans gösterebileceğinden dolayı bir tek ölçekleme faktörüyle bütün bileşenleri ölçeklemek uygun olmayabilir. Dolayısıyla saydamlığı ve sağlamlığı maksimum yapmak için, farklı bileşenlere uygun, çok sayıda ölçekleme parametresi (çoklu ölçekleme parametresi) kullanılmalıdır.

Tekil değer ayrışımı (SVD) damgalama [12-15] dahil birçok alanda kullanılan çok güçlü bir sayısal analiz tekniğidir. Bu çalışmada gri seviye resimler için SVD tabanlı optimal bir damgalama tekniği önerilmektedir. Barındırıcı resmin tekil değerleri çoklu ölçekleme parametreleri

kullanılarak damga gömülmesi amacıyla değiştirilmektedir. Değişimler DGA ile optimize edilerek saydamlık kaybolmadan mümkün olan en fazla dayanıklılık sağlanmaktadır. Deneysel sonuçlar hem saydamlık hem de dayanıklılık açısından geliştirilen tekniğin başarılı olduğunu göstermektedir.

II. SVD TABANLI DAMGALAMA TEKNİĞİ

SVD $M \times N$ boyutlarında reel bir matris olan A matrisini $A=USV^T$ olacak şekilde üç matrise ayırmaktadır. Burada U ve V^T $M \times N$ ve $N \times N$ boyutlarında ortogonal matrislerdir. S ise $N \times N$ boyutlarında bir köşegen matristir. S matrisinin köşegenindeki elemanların haricindeki elemanlar sıfırdır, köşegen elemanları ise A matrisinin tekil değerleri (SV) olarak adlandırdığımız elemanlardan müteşekkildir. A matrisinin rankı r ise $S=\text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$ değeri $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq \sigma_{r+1} = \sigma_{r+2} = \dots = \sigma_n = 0$ özelliğini sağlar. A , elemanları bir resmin piksel değerleri olan bir matris olsun. Resim aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$A = \sum_{i=0}^r \sigma_i u_i v_i^T \quad (1)$$

SVD ile resim damgalama ve damga çıkarma işlemleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir [12]:

Damga Gömme İşlemi:

Barındırıcı resim ile damganın boyutları $N \times N$ olsun

1. Barındırıcı resme SVD uygula:

$$I = USV^T \quad (2)$$

2. S matrisine k ile ölçeklenmiş damgayı (W) ekle:

$$S_M = S + kW \quad (3)$$

3. S_M matrisine SVD uygula:

$$S_M = U_W S_W V_W^T \quad (4)$$

4. Damgalanmış resmi hesapla:

$$I_W = U S_W V^T \quad (5)$$

Damga Çıkarma İşlemi:

1. Damgalanmış (muhtemelen bozulmuş) resme SVD uygula:

$$I_W^* = U^* S_W^* V^{*T} \quad (6)$$

2. Muhtemelen bozulmuş S_M^* matrisini hesapla:

$$S_M^* = U_W S_W^* V_W^T \quad (7)$$

3. Damgayı çıkar:

$$W^* = (S_M^* - S) / k \quad (8)$$

III. DİFERANSİYEL GELİŞİM ALGORİTMASININ GENEL YAPISI

DGA, Price ve Storn tarafından 1995 yılında geliştirilmiş, özellikle sürekli verilerin söz konusu olduğu problemlerde etkin sonuçlar verebilen, isleyiş ve operatörleri itibarıyla genetik algoritmaya benzeyen, popülasyon temelli sezgisel bir optimizasyon tekniğidir [19]. Aynı anda birçok noktada araştırma yapabilmektedir. Döngüler boyunca, operatörler yardımıyla problemin çözümü için daha iyi sonuçlar araştırılmaktadır. GA'da da gerçek değerlerle kodlama kullanılmaktadır. Ancak Price ve Storn genetik operatörlerdeki birtakım değişikliklerle, gerçek değerlerle kodlamanın kullanıldığı problemlerin çözüm performansını arttırmaya çalışmışlardır. GA'daki çaprazlama, mutasyon ve seçim operatörleri DGA'da da kullanılmaktadır. Farklı olarak her bir operatör tüm popülasyona sırayla uygulanmamaktadır. Kromozomlar tek tek ele alınmakta, rasgele seçilen diğer üç kromozomda kullanılarak yeni bir birey elde edilmektedir. Bu işlemler sırasında mutasyon ve çaprazlama operatörleri kullanılmış olmaktadır. Mevcut kromozomla elde edilen yeni kromozomun uygunlukları karşılaştırılarak uygunluğu daha iyi olan, yeni birey olarak bir sonraki popülasyona aktarılmaktadır.

A. Problem ve Parametreler

- NP : Popülasyon büyüklüğü $NP \geq 4$ (1, 2, 3, ..., i)
 D : Değişken sayısı (1, 2, 3, ..., j)
 CR : Çaprazlama oranı [0.1, 1.0]
 G : Jenerasyon (1, 2, 3, ..., G_{\max})
 F : Ölçekleme faktörü
 $x_{j,i,G}$: G jenerasyonunda, i . vektörün j parametresi
 $n_{j,i,G+1}$: Mutasyon ve çaprazlamaya tabi tutulmuş ara vektör
 $u_{j,i,G+1}$: $x_{j,i,G}$ den bir sonraki jenerasyon için üretilen vektör
 $r_{1,2,3}$: Yeni vektörün hesaplanmasında kullanılacak rasgele seçilmiş vektörler $r_{1,2,3} \in \{1,2,3,\dots, NP\}$
 $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq i$
 $x_j^{(l)}, x_j^{(u)}$: Değişkenlere ait alt ve üst sınır değerleri

B. Kodlama ve Başlangıç Popülasyonu

Probleme ait değişken sayısı her bir vektöre ait parametre (boyut (D)) sayısını belirlemektedir. NP ise kullanıcı tarafından belirlenen vektör sayısıdır. Vektör sayısı üçten büyük olmalıdır. Çünkü DGA da yeni vektörlerin üretilmesi için mevcut vektör dışında üç adet vektör gerekmektedir. Başlangıçta NP adet D boyutlu vektörden meydana gelen başlangıç popülasyonu (P_0) aşağıdaki gibi üretilir [16].

$$\forall_i \leq NPA \forall_j \leq D: x_{j,i,G=0} = x_j^{(l)} + rand_j[0,1] \cdot (x_j^{(u)} - x_j^{(l)}) \quad (9)$$

C. Mutasyon

Mutasyon, mevcut vektörün bir kısım parametreleri üzerinde, rasgele belirlenmiş miktarlarda değişiklikler yapmaktır. Bu değişiklikler sayesinde vektörünün temsil ettiği çözüm noktası, çözüm uzayında hareket etmektedir. Mutasyonun hedefine ulaşabilmesi için, doğru yönde doğru miktarda hareketi sağlayacak değişikliklerin belirlenmesi gerekmektedir.

Diferansiyel gelişim algoritmasında, mutasyon işlemine tabi tutulacak olan vektör dışında ve birbirlerinden de farklı olan üç vektör seçilir. Seçilen vektörlerden ilk ikisinin farkı alınır. Daha sonra bu fark vektörü F parametresiyle çarpılır. F parametresi genellikle 0-2 arasında değerler almaktadır. Elde edilen ağırlıklandırılmış fark vektörü ile seçilen üçüncü vektör ile toplanır. Böylece, mutasyon sonucu çaprazlamada kullanılacak olan vektör elde edilmiş olur ($n_{j,i,G+1}$). Literatürde, kullanılan farklı birçok mutasyon operatörü bulunmaktadır. [17].

$$\forall_j \leq D: n_{j,i,G+1} = x_{j,r_3,G} + F \cdot (x_{j,r_1,G} - x_{j,r_2,G}) \quad (10)$$

D. Çaprazlama

Çaprazlama yapılırken, mutasyon sonucu elde edilen fark vektörü ve $x_{i,G}$ vektörü kullanılarak yeni jenerasyona aday, deneme vektörü ($u_{i,G+1}$) üretilir. Deneme vektörüne ait her bir parametre CR olasılıkla fark vektöründen $1-CR$ olasılıkla mevcut vektörden seçilir. Düzenli çaprazlamada her bir parametre ayrı olarak değerlendirilip eşit olasılıkla iki ebeveyn vektöründen birinden seçilmektedir.

DGA'da ise eşit olasılık yerine CR olasılığı söz konusudur. 0 ile 1 arasında üretilen rasgele sayı CR 'den küçükse $gen, n_{j,i,G+1}$ 'den aksi takdirde mevcut vektörden seçilir. Amaç belirlenen oranda parametrenin yeni fark vektöründen alınmasıdır. Buradaki $j = j_{rand}$ koşulu, en az bir tane parametrenin üretilen yeni vektörden alınmasını garanti etmek amacıyla konulmuştur. Rasgele seçilen j_{rand} noktasındaki parametre CR ' ye bakılmaksızın $n_{j,i,G+1}$ 'den seçilir.

$$\forall_j \leq D: x_{j,u,G+1} = \begin{cases} x_{j,n,G+1} & \text{eğer } rand[0,1] \leq RC \vee j = j_{rand} \\ x_{j,i,G} & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad (11)$$

E. Uygunluk Fonksiyonu

Mutasyon ve çaprazlama operatörleri ve hedef vektörle birlikte üç farklı vektör kullanılarak yeni bir vektör elde edilmektedir. Yeni jenerasyona ($G=G+1$) geçecek olan vektörün belirlenmesinde kriter uygunluk değeridir. Hedef vektörün uygunluk değeri zaten bilinmektedir. Bu aşamada hesaplanacak olan $u_{i,G+1}$ 'e ait uygunluk değeridir. Problemin amaç fonksiyonuna $u_{i,G+1}$ 'e ait tüm u_j değerleri girilerek vektörün değeri hesaplanır.

F. Seçim

Seçim operatörü ile mevcut jenerasyon ve üretilen yeni vektörler değerlendirilerek yeni jenerasyon oluşturulur. Vektörlerin yeni jenerasyonda yer alma olasılıkları uygunluklarına bağlıdır. DGA'da karşılaştırma birebir yapıldığından seçim için karmaşık prosedürü olan operatörlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Karşılaştırılan vektörlerden uygunluğu yüksek olan vektör yeni jenerasyonun bireyi olarak atanmaktadır [18].

G. SF'lerin Optimizasyonu

Bu çalışmada geliştirilen teknik optimal parametrelerin aranması için DGA kullanılmaktadır. Optimize edilen parametreler ölçekleme parametreleridir (SF). Ölçekleme parametreleri DGA ile optimize edilerek hem saydamlık hem de sağlamlık için optimal damgalama sağlanmış olmaktadır. Başlangıç değerleri için var olan başlangıç çözümlerinde ölçekleme parametreleri rasgele dağıtılmış vaziyettedir. Önerilen teknikte, denklem 3'teki k , köşegen değerleri ölçekleme parametrelerini temsil eden bir köşegen matristir. Gömme işlemi tekil değerlerin Bölüm 2'de açıklandığı gibi değişikliğe uğratılması ve yeni damgalanmış resmin bu tekil değerlerden oluşması ile yapılmaktadır. Bu işlem sırasında damgalanmış resmin piksel değerleri ölçekleme parametrelerinin etkisiyle saha dışına taşabilir. Dolayısıyla, barındırıcı resmin piksel değerlerine göre yeniden saha ölçeklemesi yapılmalıdır.

Değişik damgalama uygulamaları değişik işaret işleme işlemlerine karşı dayanıklılık gerektirebilmektedir. Bu çalışmada önerilen damgalama tekniğinin dayanıklılığı literatürde sıkça kullanılan çeşitli saldırılarla değerlendirilecektir. DGA optimizasyon işlemi dört ana saldırı türü kullanılmıştır. Bunlar döndürme (RT), yeniden ölçeklendirme (RS), ortalama filtreleme (AV) ve netleştirme (SH). Geliştirilen sistemin esnekliğinden dolayı bu saldırı türlerine yenileri eklenebilir veya başka tür saldırılarla değiştirilebilirler.

Damgalar saldırıya uğramış damgalanmış resimlerden Bölüm 2'de anlatılan metotla çıkarılmaktadır. İki boyutlu korelasyon değerleri orijinal resim ile damgalanmış resim arasında ($corr_I = corr(I, I_w)$) ve orijinal damga ile çıkarılmış damga arasında ($corr_w = corr(W, W^*)$) hesaplanır. Bu korelasyon değerleri bu değerleri üretmek için kullanılan ölçekleme parametrelerinin optimumluğunun analizinde kullanılacaktır. Çözümün uygunluğu, çeşitli saldırılar altındaki saydamlık ($corr_I$) ve dayanıklılık ($corr_w$) değerlerine göre her döngü için aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Minimize edilecek amaç fonksiyonu:

$$f_i = \left[\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t corr_w(W, W_i^*) \right] - corr_I(I, I_w) \quad (12)$$

Bu fonksiyonda f_i değeri i 'nci çözüm için amaç değeri, t ise saldırı metodu sayısını belirtmektedir. Bu fonksiyon DGA yardımıyla minimize edilecektir. Minimize etme işlemi bir durdurma kriteri sağlanıncaya kadar ya da daha önce belirlenen bir döngü sayısı boyunca devam edecektir.



(a) Barındırıcı resim (I)



(b) Damga (W)



(c) Damgalanmış resim (I_W)

Şekil 1- (a) Barındırıcı resim (b) Damga, (c) Damgalanmış Resim

DGA bazlı damgalama tekniği aşağıda adımlar halinde özetlenmiştir:

1. Popülasyon büyüklüğü, çaprazlama oranı, ölçekleme faktörünü belirle.
2. Başlangıç popülasyonun rasgele olarak üret.
3. Bu değerlere göre damgayı resme gömme işlemini gerçekleştir. Gömme işleminden sonra orijinal resim ile damgalanmış resmin korelasyonunu al.
4. Kullanılan saldırı teknikleri ile damgalanmış resme

TABLO I
DEĞİŞEN ÇAPRAZLAMA ORANINA GÖRE ELDE EDİLEN
KORELASYON DEĞERLERİ

NP:50		$corr_I$		$corr_W$			
F:0.6				RT	RS	AV	SH
Çaprazlama Oranı	0.7	Ort	0.9993	0.9938	0.9879	0.9894	0.9804
		Std	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003
	0.8	Ort	0.9992	0.9920	0.9860	0.9877	0.9848
		Std	0.0002	0.5E-05	0.0012	0.0009	0.0013
	0.9	Ort	0.9994	0.9962	0.9918	0.9895	0.987
		Std	0.0034	0.0091	0.0067	0.0068	0.0036

TABLO II
DEĞİŞEN ÖLÇEKLEME FAKTÖRÜNE GÖRE ELDE EDİLEN
KORELASYON DEĞERLERİ

NP:50		$corr_I$		$corr_W$			
CR:0.9				RT	RS	AV	SH
Ölçekleme Faktörü	0.6	Ort	0.9994	0.9962	0.9918	0.9895	0.9870
		Std	0.0034	0.0091	0.0067	0.0068	0.0036
	0.7	Ort	0.9911	0.9745	0.9706	0.9710	0.9756
		Std	0.0017	0.0243	0.0249	0.0247	0.0193
	0.8	Ort	0.9949	0.9824	0.9807	0.9812	0.9845
		Std	0.0200	0.0341	0.0310	0.0311	0.0262

bozma işlemi uygula.

5. Saldırıya uğramış resimlerden damgaları çıkar. Bu çıkan damgalar ile orijinal damganın korelasyonlarını hesapla.
6. Bu korelasyon değerlerini kullanarak minimize edilecek fonksiyonun (f_i) değerini hesapla.
7. Bulunan değeri DGA'ya göndererek, DGA'nın bu değer için ürettiği yeni parametreleri (SF) al.
8. Bu SF'ler ile 3. adımdan devam et.
9. Daha önceden belirlenmiş herhangi bir şart sağlanıncaya kadar 3-8 adımlarını tekrar et.

IV. DENEYSEL SONUÇLAR

Önerilen metodun denemesi için 256X256 Lena (Barındırıcı) ve 32X32 EUMF (damga) gri seviye resimleri kullanılarak çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu resimler Şekil 1 de görülmektedir. Eğitim aşamasında kullanılan saldırılar ortalama (AV (3X3)), keskinleştirme (SH (3X3)), yeniden boyutlandırma (RS (bükümbük: 256→128→256)) ve çevirme (RT (30°)) işlemleridir

DGA ile optimizasyon aşaması için problem boyutu 32 olarak seçilmektedir. Yani kullanılan maliyet fonksiyonuna 32 elemanlı bir dizi girdi olarak verilmektedir. Bu 32 elemanın her biri bir ölçekleme faktörünü (SF) temsil etmektedir. İterasyon sayısı 400 olarak seçilmiştir. İstenilen hata değerine ulaşamaması durumunda 400 iterasyon sonunda optimizasyon işlemi sona ermektedir.

DGA parametreleri iyi bir optimizasyon yapabilmek ve olumlu sonuçlar üretebilmek için çok dikkatli seçilmelidir. Deneysel olarak DGA'nın popülasyon büyüklüğü (NP), çaprazlama oranı (CR) ve ölçekleme faktörü (F) incelenmiştir. Başlangıç DGA parametreleri deneysel olarak seçilmiştir. Daha sonraki optimizasyon işlemleri için parametrelerden bir tanesi değiştirilirken diğer ikisi sabit tutularak değiştirilen parametrenin sonuç üzerindeki etkisi gözlenmiştir. DGA her bir parametre değeri için 30 defa koşturulmuş ve sonuçlar Tablo 1,2 ve 3 te gösterilmiştir. Karşılaştırma açısından tablolar 30 koşturma sonucu elde edilen korelasyon değerlerinin ($corr_I$ ve $corr_W$) ortalama ve standart sapmalarını ifade etmektedir. Tüm deneyler için hesaplanmış standart sapma değerlerine dikkat edilirse farklı koşturmalar arası standart sapmaların yani değişimin çok küçük olduğu görülecektir. Bu bize algoritmanın farklı koşturmalarda benzer çalıştığını ve başlangıç popülasyonuna çok bağlı olmadığını göstermektedir.

Tablo 1 korelasyon değerlerinin ($corr_I$ ve $corr_W$) değişen ivmelenme sabitine göre aldığı değerleri göstermektedir. Sonuçlar göstermiştir ki en iyi uygunluk değerini (en düşük



(a)
Dönme
saldırısı (RT)



(b)
Yeniden
ölçeklendirme
saldırısı (RS)



(c)
Ortalama
filtreleme
saldırısı (AV)



(d)
Keskinleştirme
saldırısı (SH)

Şekil 2- Saldırı sonucu bozulmuş resimler ve bu resimlerden çıkan damgalar

amaç fonksiyonu değeri) veren çaprazlama oranı değeri $CR=0.9$ için sağlanmıştır. Aynı şekilde değişen ölçekleme faktörüne göre korelasyon değerlerini ifade eden veriler Tablo 2 de verilmiştir. Tablo 2 deki değerler elde edilirken çaprazlama oranı olarak, Tablo 1 değerlendirilmesinde en iyi sonucu veren çaprazlama oranı değişmez değer olarak alınmıştır. Değerlendirme sonucu en anlamlı sonucu veren ölçekleme faktörü değerinin $F=0.6$ olduğu görülmüştür. Değişen populasyon büyüklüğüne göre elde edilen veriler Tablo 3'te gösterilmektedir. Tablo 3 sonucu açıkça görüleceği üzere populasyon büyüklüğü arttıkça uygunluk

TABLO III
DEĞİŞEN PARÇACIK SAYISINA GÖRE ELDE EDİLEN
KORELASYON DEĞERLERİ

		CR:0.9	$corr_I$		$corr_W$			
		F:0.6			RT	RS	AV	SH
Parçacık Sayısı	50	Ort	0.9994	0.9962	0.9918	0.9895	0.9870	
		Std	0.0034	0.0091	0.0067	0.0068	0.0036	
	100	Ort	0.9993	0.9967	0.9918	0.9896	0.9743	
		Std	0.0008	0.0172	0.0201	0.0176	0.0208	
	150	Ort	0.9994	0.9969	0.9918	0.9920	0.9851	
		Std	0.0002	0.0018	0.0028	0.0026	0.0043	

değerinde ve korelasyon değerlerinde bir artış olmaktadır. Fakat populasyon büyüklüğü arttıkça işlem yükü ve sonucu almak için geçen süre de artmaktadır. Yani en uygun sonuçları ve en uygun hesaplama zamanını dengeleyecek populasyon büyüklüğünü seçmek önemlidir. Tablo 3 den de görüleceği üzere populasyon büyüklüğü artmasına rağmen sonuçlardaki iyileşme sınırlı olmuştur. Bu sebeple populasyon büyüklüğü 200'un üzerine çıkarılarak bir deney yapma gereği duyulmamıştır. Sonuç olarak $CR=0.9$ $F=0.6$ ve $NP=150$ değerleri DGA için en uygun değerler olarak seçilmiştir.

Eğitim aşamasında kullanılan saldırılara (RS, RT, SH, AV) ek olarak algoritmanın etkisi çeşitli başka saldırılar ile de test edilmiştir. Bu saldırılar Gaussian gürültü (GN) (ortalama=0, varyans=0.001), 50pikselX50piksel öteleme (TR), kesme (sol taraftan (CP1) ve her kenardan 20 piksel (CP2)), JPEG sıkıştırma (kalite=5), gamma düzeltmesi (GC) (0.6), histogram eşitleme (HE) (otomatik) ve median filtreleme (MF) (3X3) saldırılarıdır.

Tablo 4 bulunan en iyi ölçekleme faktörü vektörlerinden birini göstermektedir. Şekil 3c de ise Tablo 4 teki ölçekleme faktörleri kullanılarak yapılmış bir damgalama işlemi sonucu elde edilmiş resim görülmektedir. Şekil 1a ve Şekil 1b karşılaştırıldığında damgalamanın resimde gözle görülebilir bir etki bırakmadığı ve farkedilemediği anlaşılmaktadır. Tablo 5 te ise Tablo 4'teki ölçekleme parametreleri kullanılarak elde edilen ve her bir saldırı için korelasyon değerlerini içeren veriler yer almaktadır.

Damgaların daha iyi görülebilmesi için damga resimleri büyütülmüştür. Aynı değerler aynı zamanda sabit ölçekleme faktörleri ile de yapılmıştır. Bu deneylerde ölçekleme faktörleri 0.1-0.9 aralığında 0.2 mesafelerle elde edilen değerlerdir. Bu ölçekleme değerleri karşılaştırılabilirliği açısından yine Tablo 5'te ifade edilmişlerdir. Tablo 5'ten görüleceği üzere ölçekleme faktörü büyüdükçe resimdeki bozulma artmakta fakat damganın dayanıklılığı da olumlu etkilenmektedir. Yine ölçekleme faktörü küçüldükçe de resimdeki bozulma azalmakta fakat damganın dayanıklılığı olumsuz etkilenmektedir. Diğer taraftan DGA yardımıyla elde edilen çoklu ölçekleme parametreleri (Tablo 4) saldırılar altında hem dayanıklılık hem de resimde daha az bozulma göstermektedir. Deneysel sonuçlar önerilen metodun uygulanabilirliğini ve sabit ölçekleme parametrelerine göre üstünlüğünü teyit etmiştir.

TABLO IV
ELDE EDİLEN EN İYİ DGA ÇIKIŞI DEĞERLERİNDEN BİRİNE AİT ÖLÇEKLEME PARAMETRELERİ

Değişken No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	-51.049	242.21	1.650	0.707	0.764	-1.141	-0.967	-2.304	-0.962	1.077	0.849	0.949	-0.769	-0.634	7.899	-13.614
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	-1.13	-0.593	-1.224	0.773	-0.985	-1.096	-0.847	-1.223	0.618	1.071	-1.146	-1.237	-20.309	-19.478	27.540	-7.751

TABLO V
DE İLE ELDE EDİLEN SF'LER VE SABİT SF DEĞERLERİ KULLANILARAK OLUŞTURULMUŞ KORELASYON DEĞERLERİ

	$corr_I$	$corr_W$												
		RT	RS	AV	SH	GN	TR	CP1	JPEG	CP2	GC	MF	HE	
SF'ler	0.9995	0.9965	0.9947	0.9963	0.9843	0.9944	0.9809	0.9815	0.9996	0.9909	0.9968	0.9986	0.982	
Sabit SF'ler	0.1	1.0000	0.9790	0.9827	0.9829	0.9673	0.9678	0.9596	0.9625	0.9763	0.9676	0.9825	0.9843	0.9712
	0.3	0.9996	0.9799	0.9820	0.9829	0.9728	0.9744	0.9708	0.9708	0.9922	0.9732	0.9809	0.9839	0.9717
	0.5	0.9989	0.9783	0.9820	0.9829	0.9713	0.9749	0.9773	0.9710	0.9973	0.9763	0.9815	0.9839	0.9737
	0.7	0.9986	0.9703	0.9838	0.9846	0.9710	0.9774	0.9776	0.9751	0.9975	0.9794	0.9823	0.9856	0.9798
	0.9	0.9981	0.9741	0.9840	0.9847	0.9733	0.9837	0.9804	0.9784	0.9988	0.9818	0.9828	0.9858	0.9858

V.SONUÇ

Bu çalışmada SVD ve DGA bazlı yeni, optimal bir damgalama metodu sunulmuştur. Birbirine çelişen iki gereksinim olan dayanıklılık ve görülebilirlik özelliklerinin ikisini birden sağlamak için bu iki değeri göz önüne alan bir amaç fonksiyonu belirlenmiş ve DGA'ya optimize edilmesi amacıyla beslenmiştir. Barındırıcı resmin tekil değerleri damga resmin değerleri ile güncellenerek damgalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen metotta çoklu ölçekleme parametrelerinin DGA yardımıyla optimize edilmesi ile dayanıklılıkla beraber resimde daha az bozulma özellikleri kazandırılmıştır. Deneysel sonuçlar optimize edilmiş çoklu ölçekleme parametrelerinin sabit ölçekleme parametrelerine göre çok daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Tekil değer ayrışımının U ve V bileşenlerini de kapsayan daha geniş çalışmalar gerçekleştirilebilir. Önerilen metot tekil değer ayrışımı tabanlı gömme metodu ayrıca DWT, DCT, DFT veya uzaysal alanlara da uygulanabilir. Geliştirilmiş metodun esnekliği açısından daha farklı saldırgan metodları da kullanılarak bir geliştirme gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1]. F. Hartung, M. Kutter, "Multimedia watermarking techniques", Proc. IEEE 1999; 87: 1079-107
- [2]. F.A.P. Petitcolas, R.J. Anderson, M.G. Kuhn, "Information hiding—A survey", Proceedings of IEEE 1999; 87:1062-78.
- [3]. C.C. Chang, T.S. Chen, L.Z. Chung, "A steganographic method based upon JPEG and quantization table modification", Information Sciences 2002;141: 123-38.
- [4]. D.C. Wu, W.H. Tsai, "A steganographic method for images by pixel-value differencing", Pattern Recognition Letters, 2003; 24: 1613-26.
- [5]. S.C. Chu, J.F. Roddick, Z.M. Lu, J.S. Pan, "A digital image watermarking method based on labelled bisecting clustering algorithm", IEICE Trans. Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Science E87-A 2004; 1: 282-5.
- [6]. I.J. Cox, J. Kilian, F.T. Leighton, T. Shamon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Trans. Image Processing 1997; 6: 1673-87.
- [7]. C.T. Hsu, J.L. Wu "Multiresolution watermarking for digital images. IEEE Trans. Circuits and Systems II:

- [8]. Analog and Digital Signal Processing" 1998;45: 1097-101.
- [9]. D.C. Lou, T.L. Yin, "Adaptive digital watermarking using fuzzy logic technique", Optical Engineering 2002;41: 2675-87.
- [10]. D.C. Lou, T.L. Yin "Adaptive digital watermarking using fuzzy clustering technique. IEICE Trans. Fundamentals Electronics, Comm. and Computer Science" E84-A 2001;8 2052-60.
- [10]. G.J. Yu, C.S. Lu, H.Y.M. Liao, "A message-based cocktail watermarking system." Pattern Recognition 2003;36: 957-68.
- [11]. Y.G. Fu, R.M. Shen, H.T. Lu "Watermarking scheme based on support vector machine for colour images." Electronics letters 2004;40: 986-87.
- [12]. R. Liu, T. Tan "An SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership." IEEE Trans. Multimedia 2002; 4: 121-8.
- [13]. DVS. Chandra "Digital image watermarking using singular value decomposition." Proceedings of 45th IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems, Tulsa, OK, 2002. p.264-7.
- [14]. V. Aslantaş, "A Singular Value Decomposition based Image Watermarking using Genetic Algorithm", Int J Electron Commun (AEU), 2007.
- [15]. E. Ganic, A.M. Eskicioglu "Secure DWT-SVD domain image watermarking: embedding data in all frequencies. ACM Multimedia and Security Workshop", Magdeburg, Germany, 2004. p.166-174.
- [16]. D. Karaboga, (2004), "Yapay Zeka Optimizasyonu Algoritmaları", İstanbul, Atlas Yayın Dağıtım.
- [17]. D.G. Mayer, B.P. Kinghorn, A.A. Archer, (2005), "Differential Evolution - An Easy and Efficient Evolutionary Algorithm for Model Optimisation", Agricultural Systems, 83, 315-328.
- [18]. J. Sun, Q. Zhang, P.K. E. Tsang, (2005), "DE/EDA: A New Evolutionary Algorithm for Global Optimization", Information Sciences, 169, 249-262
- [19]. R. Storn, K. Price, (1995), "Differential Evolution: A Simple and Efficient Adaptive Scheme for Global Optimization over Continuous Spaces", Technical Report TR-95-012, International Computer Science Institute, Berkeley.