Parçacık Sürü Optimizasyonu ile DWT-SVD Tabanlı Resim Damgalama

Veysel Aslantaş, Abdullatif Doğan, Rifat Kurban

***Özet*— Multimedya nesneler için telif hakkı ve erişim kontrolü amacıyla çeşitli damgalama teknikleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada DWT-SVD tabanlı bir resim damgama yöntemi sunulmuştur. Damga ölçekleme faktörleri Parçacık Sürü Optimizasyon algoritması ile optimum olarak elde edilmiştir. Geliştirilen teknikle, sabit ölçekleme faktörü kullanan yaklaşımlara göre daha başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca, aynı damgalanmış resim birden fazla saldırıya maruz bırakıldığında dahi gömülen damgalar sağlam olarak çıkartılabilmiştir.**

***Anahtar Kelimeler*—Ayrık Wavelet Dönüşümü, Tekil Değer Ayrışımı, Damgalama, Parçacık Sürü Optimizasyonu**

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]-[6]. Diğer taraftan frekans uzayı tekniklerinde damgalama, ayrık Fourier dönüşümü (DFT), tekil değer ayrışımı (SVD), ayrık dalgacık dönüşümü (DWT) gibi frekans uzaylarının katsayılarına damgayı eklemek suretiyle gerçekleştirilir [7], [8]. Genel olarak piksel uzayı metotları, frekans uzayı metotlarına göre çeşitli saldırılara karşı daha az dayanıklıdırlar.

Görülebilirliğe göre sayısal damgalar ikiye ayrılmaktadır: Görünür ve saydam olan damgalar. Görünür damgalar, TV kanallarının yayınlarına 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 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 kırılgan olmak üzere ikiye ayrılabilir. Dayanıklı damgalar; filtreleme, geometrik bozulma, gürültü eklenme gibi kasıtlı veya kasıtlı olmayan işlemlere karşı dayanıklı olmaları için tasarlanmışlardır. Telif hakkı korunması için bu tür bir damgalama yapmak gereklidir. Kırılgan damgalar veri üzerinde yapılacak işlemler ve değişiklikler tarafından kolayca bozulabilen damgalardır. Bu tür damgalar genel olarak doğrulama amaçlı kullanılmaktadırlar.

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 zekâ teknikleri; DCT [9], [10], DWT [11], [12] ve piksel uzayı [11], [13] damgalama metotlarının sonuçlarını optimize etmek maksadıyla 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

V. Aslantaş (email: aslantas@erciyes.edu.tr, telefon: +90 352 4374901 - 32602) ve R. Kurban (email: rkurban@erciyes.edu.tr), Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri'de görev yapmaktadırlar.

A. Doğan, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kayseri'de yüksek lisans eğitimine devam etmektedir (email: latif84@mynet.com).



Şekil 1. İki boyutlu bir verinin bir seviyeli DWT dekompozisyonu sonucu oluşan alt bantlar.

parametresi (çoklu ölçekleme parametresi) kullanılmalıdır [7].

Tekil değer ayrışımı (SVD), damgalama [14, 15] dâhil birçok alanda kullanılan çok güçlü bir sayısal analiz tekniğidir. Bu çalışmada, damga resmin tamamının tekil değerleri yerine, resmin DWT ile elde edilen frekans bantlarının her birinin tekil değerlerine gömülmüştür. Böylece resme yapılabilecek saldırılar farklı frekans bölgelerine zarar verebileceğinden, damga, zarar görmemiş frekans bölgelerinden rahatlıkla elde edilebilecektir. Örneğin alçak frekans bandına gömülen damgalar geometrik bozulmalar ve sıkıştırma saldırılarına karşı dayanıklı iken gama düzeltmesi ve histogram eşitlemesi gibi saldırılara karşı ise hassas olmaktadırlar. Resmi alt bantlara ayırıp bu bantlara birer damga gömmek ve sonuçlar bu alt bantlardan çıkan damgalardan en iyisini değerlendirmeye almak daha etkili sonuçlar üretecektir. Hatta çeşitli saldırılara aynı anda maruz kalmış bir barındırıcı resmin içinden bile fark edilebilir damga çıkarmak mümkün olabilecektir. Bu konuda yapılmış çalışmalar mevcut olmakla birlikte, bu yaklaşımlarda ölçekleme parametreleri deneme yanılma yoluyla elde edilmiştir [16].

Bu çalışmada, gri seviye resimler için SVD-DWT tabanlı optimal bir damgalama tekniği önerilmektedir. Barındırıcı resmin, her bir DWT alt bandının tekil değerlerinde, farklı ölçekleme parametreleri ile ölçeklenen, damga eklenmiştir. Ölçekleme faktörleri, parçacık sürü optimizasyon (PSO) algoritması ile optimize edilerek, barındırıcı resimdeki bozulmalar minimize edilirken mümkün olan en fazla dayanıklılık elde edilmiştir. Deneysel sonuçlar, hem saydamlık hem de dayanıklılık açısından kayda değer gelişmeler olduğunu göstermektedir.

II. DWT-SVD TABANLI DAMGALAMA

Wavelet dönüşümü, dönüşüm için seçilmiş ana dalgacık fonksiyonunun, öteleme ve ölçekleme sonucuyla dönüşümü yapılması istenen verinin içsel çarpımının hesaplanması ile elde edilir. Bir içsel çarpımın değeri, o çarpıma tekabül eden öteleme ve ölçekleme değerleri için ana dalgacık ile verinin benzerliğinin ne kadar olduğuna tekabül eder. Her bir ölçekleme ve ötelemeye karşılık gelen içsel çarpım sonucu, bu ölçek ve öteleme değerleri için wavelet katsayısı olarak adlandırılır. DWT işlemi, dönüşümü yapılması istenen verinin, bir grup alçak ve yüksek geçiren filtrelerden geçirildikten sonra elde edilen sonuçların aşağı doğru ölçeklenmesi (downscaling) yoluyla gerçekleştirilir. Bu filtreleme işleminin kaç kere yapıldığı dekompozisyon seviyesi olarak adlandırılır. Şekil 1'de iki boyutlu bir verinin bir seviyeli dekompozisyonu sonucu oluşan bantlar görülmektedir. Her bir dekompozisyon seviyesi LL, HL, LH ve HH olmak üzere dört bantlık veri oluşturur. LL alt bandı için bu dekompozisyon istenen seviyeye ulaşana kadar sürdürülebilir.

Geliştirilen damgalama algoritması öncelikle barındırıcı resmi DWT ile alt bantlara ayırdıktan sonra her bir alt bandın tekil değerlerini hesaplar. Daha sonra gömülecek damganın tekil değerleri hesaplanır ve bu değerler ölçekleme parametreleri ile ölçeklenerek her bir bandın tekil değerlerine eklenir.

Reel değerli M×N boyutlarında her matris A, $A = USV^T$ biçiminde üç matrisin çarpımından oluşacak şekilde ayrıştırılabilir. Burada U ve V sırasıyla $M \times M$ ve $N \times N$ boyutlarında ortagonal matrisler ve S, A'nın tekil değerlerini barındıran $N \times N$ boyutlarında bir köşegen matristir. Burada kısaca özetlenen işleme tekil değer ayrışımı (SVD) adı verilmektedir. A matrisinin rankı r ise $S=\text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n)$ değeri $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \ldots \geq \sigma_r \geq \sigma_{r+1} = \sigma_{r+2} \ldots = \sigma_n = 0$ özelliğini sağlar. A, elamanları bir resmin piksel değerleri olan bir matris olsun. Bu durumda resim aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

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

Bu çalışmada DWT ve SVD'nin birleştirilmesindeki sebep, çok çeşitli saldırılara karşı dayanıklı, hibrit, saydam bir damgalama algoritması gerçekleştirmektir. Damgalama işleminin adımları aşağıda verilmiştir:

Damgalanacak resmi $2N \times 2N$ ve damga resmi $N \times N$ boyutlarında kabul edelim.

Damga Gömme

1. DWT kullanarak barındırıcı (damgalanacak) resim *A*'yı LL, HL, LH ve HH olmak üzere dört alt banda ayır.
2. Her bir alt bant resme SVD işlemi uygula: $A^k = U^k S^k V^{k^T}$, k=1,2,3,4 olmak üzere LL, HL, LH

ve HH altbantlarını temsil etmektedir. λ_i^k, i=1,...,N değerleri ise S^k'nın köşegen değerleri yani tekil değerlerdir.

3. Damga resme SVD işlemi uygula: $W = U_W S_W V_W^T$ ve λ_{Wi} i=1,...,N S'nin tekil değerlerdir.
4. Barındırıcı resmin her bir alt banttaki tekil değerlerine α (ölçekleme parametresi) ile ölçeklenmiş damga resmin tekil değerlerini ekle: $\lambda_i^{*k} = \lambda_i^k + \alpha_k \lambda_{wi}$, i=1,...,N ve k=1,2,3,4.
5. Yeni tekil değerleri kullanarak her bir bant için DWT katsayılarını hesapla: $A^{*k} = U^k S^{*k} V^{kT}$, k=1,2,3,4.
6. Elde edilen yeni katsayıları kullanarak ters DWT (IDWT) işlemi ile damgalanmış barındırıcı resmi üret: $A_W = IDWT(A^*)$

Damga Çıkarma

1. DWT kullanarak damgalanmış (muhtemelen saldırıya uğramış) barındırıcı resim A_{dW} 'yı, LL, HL, LH ve HH olmak üzere dört alt banda ayır.
2. Her bir alt banda SVD işlemini uygula: $A_{dW}{}^k = U_{dw}{}^k S_{dW}{}^k V_{dW}{}^{kT}$, k=1,2,3,4.
3. Her alt bandın tekil değerlerinden λ_{di}, damganın tekil değerlerini hesapla: $\lambda_{dWi}{}^k = (\lambda_{di}{}^k - \lambda_i{}^k)/\alpha_k$, i=1,..., N ve k=1,2,3,4.
4. Damga resimleri çıkart: $W_k^* = U_W S_{dW}{}^k V_W^T$, k=1,2,3,4.

III. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU

Parçacık Sürü Optimizasyon algoritması (PSO) ilk defa Kennedy ve Eberhart [17] tarafından ortaya atılmış popülasyon temelli bir optimizasyon metodudur. PSO yapay sinir ağı eğitimi [18] ve fonksiyon minimizasyonu gibi bir çok optimizasyon probleminin çözümünde kolaylıkla kullanılmıştır.

PSO, arama uzayında optimum noktayı ararken, optimize edilecek olan fonksiyonun muhtemel çözümlerini barındıran bir popülasyonu kullanması açısından Genetik Algoritma (GA) gibi gelişime dayalı hesaplama teknikleriyle benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, PSO'da her sürü üyesinin arama uzayındaki hareketini belirleyen ve şartlara göre değişebilen bir hızı (pozisyon değişimi) mevcuttur. Ayrıca her üyenin, daha önce ziyaret edilmiş en iyi noktayı tuttuğu bir hafızası da bulunmaktadır. Böylelikle sürü üyesi bir parçacığın hareketi, kendisinin daha önce ziyaret ettiği en iyi noktaya ve belirli bir topolojik komşuluğundaki en iyi bireye doğru olmaktadır.

PSO'nun, topolojik komşuluğun sınıflandırılmasına bağlı olarak iki çeşidi bulunmaktadır. Birincisi küresel komşuluklu PSO, ikincisi ise bölgesel komşuluklu PSO'dur. Küresel komşuluklu modelde bir parçacığın hareketi, kendisinin daha önce ziyaret ettiği en iyi noktaya ve sürüdeki bütün parçacıklardan en iyi noktada olana doğru gerçekleşmektedir. Bölgesel komşuluklu modelde ise bir parçacığın hareketi, daha önce ziyaret ettiği en iyi noktaya ve sınırlanmış belirli bir komşuluktaki parçacıklardan en iyi noktada olana doğrudur.

Arama uzayının D boyutlu olduğu kabul edilirse, sürüdeki i. elemanın konumu D boyutlu bir vektörle ($X_i = (x_{i1}, x_{i2},..., x_{iD})^T$) ifade edilebilir. Bu parçacığın hızı (konum değişimi) yine D boyutlu başka bir vektörle ($V_i = (v_{i1}, v_{i2},..., v_{iD})^T$) ifade edilebilir. i. parçacığın ziyaret etmiş olduğu en iyi noktanın konumu ise ($P_i = (p_{i1}, p_{i2},..., p_{iD})^T$) vektörüyle gösterilebilir. Sürüdeki en iyi parçacığın indeks numarası g ile ve iterasyon sayısı üst karakterlerle ifade edilirse, sürü aşağıdaki denklem çiftine göre işlenebilir:

$$\begin{aligned} v_{id}^{n+1} &= v_{id}^n + cr_1^n(p_{id}^n - x_{id}^n) + cr_2^n(p_{gd}^n - x_{id}^n), \\ x_{id}^{n+1} &= x_{id}^n + v_{id}^{n+1}, \end{aligned} \quad (2)$$

Burada d = 1, 2, . . .,D; i = 1, 2, . . . , PS, aralığındadır ve PS sürünün boyutunu göstermektedir; c pozitif bir sabittir ve ivmelenme sabiti olarak adlandırılır; r_1 ve r_2 [0,1] arasında seçilmiş rasgele sayılardır ve n iterasyon sayısını belirtmektedir.

İlk PSO sürümü yukarıda verilen denklemler aracılığıyla tanımlanmaktaydı. Denklemlerden görüleceği üzere, bir parçacığın hızını kontrol edebilecek bir mekanizma olmadığından maksimum hız $V_{\max}$ değeri kullanılmaktaydı. Böylece bir parçacığın hızı, bu değeri geçemeyeceğinden dolayı çok fazla yükselememekteydi. Kontrol parametresi algoritmanın işleyişinde çok önemli rol oynamaktadır. Şöyle ki; bu parametrenin değerinin küçük olması durumunda araştırma uzayı yeterince taranamazken, yüksek değerlerinde ise iyi çözümlerin yanından hızla geçilerek, o çözümlerin ihmal edilmesi söz konusu olmaktadır.

Sözü edilen mesele, önceki hız vektörü ile çarpılacak bir ağırlık değerinin getirilmesiyle çözülmüştür. Böylece PSO'nun sonraki sürümlerinde yukarıdaki denklemler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned} v_{id}^{n+1} &= \chi(wv_{id}^n + c_1r_1^n(p_{id}^n - x_{id}^n) + c_2r_2^n(p_{gd}^n - x_{id}^n)), \\ x_{id}^{n+1} &= x_{id}^n + v_{id}^{n+1}, \end{aligned} \quad (3)$$

Burada w, eylemsizlik ağırlığı; c_1, c_2 iki pozitif sabit; χ ise w'ya alternatif olarak hızı sınırlamada kullanılan sınırlama (kontrol) parametresidir.

IV. PSO TABANLI DWT-SVD DAMGALAMA

Bu çalışmada geliştirilen teknik, optimal parametrelerin aranması için PSO algoritmasını kullanmaktadır. Optimize edilen parametreler damga ölçekleme faktörleridir (*SF*). PSO yardımıyla optimize edilen ölçekleme faktörleri ile hem

saydamlık hem de sağlamlık açısından optimal damgalama sağlanmış olmaktadır. PSO'nun uygulanmasında, PSO'daki her bir sıra, problem için muhtemel bir çözümü yani ölçekleme faktörlerini temsil etmektedir. Başlangıç sürüsü için var olan başlangıç çözümlerinde ölçekleme faktörleri rasgele dağıtılmış vaziyettedir. Gömme işleminde yukarıda bahsedilen Adım 4'teki α_k , ölçekleme faktörlerini temsil eder ve her bir alt bant için farklı bir değer alabilmektedir.

Farklı damgalama uygulamaları, farklı işaret işleme işlemlerine karşı dayanıklılık gerektirebilir. Bu çalışmada önerilen damgalama tekniğinin dayanıklılığı, literatürde sıkça kullanılan çeşitli saldırılarla değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmada dört ana saldırı türü kullanılmıştır. Bunlar dönme (DN), yeniden boyutlandırma (YB), ortalama filtreleme (OF) ve netleştirme (NT). 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 ($corr_I = corr(A, A_W)$) ve orijinal damga ile çıkarılmış damgalar arasında ($corr_{Wi} = corr(W, W_i^*)$) hesaplanır. Elde edilen korelasyon değerleri, bu değerleri üretmek için kullanılan ölçekleme faktörlerinin optimumluğunun analizinde kullanılırlar. Çözümün uygunluğu, saldırı sonucu elde edilen saydamlık ($corr_I$) ve dayanıklılık ($corr_W$) değerlerine göre minimize edilecek amaç fonksiyonu; her iterasyon için aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$f_i = \left[1 \Big/ \left(\frac{1}{t} \sum_{i=1}^{t} maks(corr_{wi}((W, W_i^*)) \right) - corr_I(I, I_W) \right]^{-1} \quad (4)$$

Bu fonksiyonda f_i değeri *i.* çözüm için uygunluk değeri, *t* ise saldırı metodu sayısını belirtmektedir. Her alt banda bir damga gömüldüğü için $corr_W$ değerlerinden en büyük olanı ($maks(corr_{Wi})$) hesaplamalara dâhil edilmiştir. Minimize etme işlemi, bir durdurma kriteri sağlanıncaya kadar ya da daha önce belirlenen bir döngü sayısı boyunca yapılacaktır.

PSO tabanlı damgalama tekniğinin işlem adımları aşağıda verilmiştir:

1. Sürüdeki parçacık sayısını, eylemsizlik ağırlığını ve ivmelenme sabitini belirle.
2. Sürüyü oluştur, parçacıkları rasgele olarak arama uzayına dağıt ve başlangıç SF'lerini elde et.
3. Bu değerlere göre damgayı resme gömme işlemini gerçekleştir. Gömme işleminden sonra orijinal resim ile damgalanmış resmin korelâsyonunu hesapla.
4. Kullanılan saldırı teknikleri ile resme bozma işlemi uygula.
5. Saldırıya uğramış resimlerin her bir alt bandından damgaları çıkar. Bu çıkan damgalar ile orijinal damganın korelâsyonlarını hesapla.

TABLO I
EYLEMSİZLİK AĞIRLIĞININ (*IW*) DEĞİŞİMİNİN ANALİZİ.

AC=1.2,1.8 PS=16			$corr_I$	$corr_W$			
				RT	RS	AV	SH
IW	0.5,0.5	Ort.	0.9997	0.9589	0.9912	0.9955	0.9828
		Std.	0	0.0069	0.0003	0.0003	0.0014
	1,1	Ort.	0.99976	0.9114	0.9861	0.9920	0.9838
		Std.	5.77E-05	0.0054	0.0031	0.0021	0.0082
	1.2,1.2	Ort.	0.99963	0.9283	0.9925	0.9941	0.9779
		Std.	0.00046	0.0054	0.0041	0.0029	0.0115

6. Her bir saldırı türü için, her bir alt banttan elde edilmiş korelâsyonlardan maksimum olanını bul.
7. Bu korelasyon değerlerini kullanarak minimize edilecek fonksiyonun (f_i) değerini hesapla.
8. Bulunan değeri PSO algoritmasına göndererek PSO'nun bu değer için ürettiği yeni ölçekleme faktörlerini (*SF*) al.
9. Bu *SF*'ler ile 3. adımdan devam et.
10. Daha önceden belirlenmiş herhangi bir şart sağlanıncaya kadar 3-8 adımlarını tekrar et.

V. DENEYSEL SONUÇLAR

Önerilen yöntemin performansını değerlendirmek amacıyla Şekil 2'de görülen, 512×512 boyutlarındaki Lena (barındırıcı) ve 256×256 boyutlarındaki Cameraman (damga) gri seviye resimleri kullanılarak bir takım deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sırasında resimlere uygulanan saldırılar sırasıyla; Ortalama filtreleme (3×3), netleştirme (3×3), yeniden ölçeklendirme (bicubic: 256→128→256) ve döndürme (30°) şeklindedir.

PSO işleminde sürüdeki her bir sıra 4 elemandan oluşmaktadır ve her eleman, bir alt banda gömülen damganın ölçekleme faktörünü temsil etmektedir.

Optimum bir sonuç elde edebilmek için PSO'nun parametreleri dikkatli bir biçimde seçilmelidir. Deneyler sırasında PSO'nun eylemsizlik ağırlığı (*IW*) parametresinin sonuca olan etkisi incelenmiştir. Başlangıç değerleri deneysel olarak seçildikten sonra ivmelenme sabiti (*AC*) sabit tutulup eylemsizlik ağırlığı (*IW*) değiştirilerek en optimum sonuç veren değer tespit edilmiştir. Bu değerlerin tespiti amacıyla PSO her bir değer için 10 kez çalıştırılmış ve elde edilen değerler Tablo 1'de verilmiştir. Tablodaki değerler, algoritmanın 10 kez çalıştırılması sonucu oluşan korelasyon değerlerinin ($corr_I$ ve $corr_W$) ortalamasını ifade etmektedir.

Ortalamalarla birlikte oluşan korelasyon değerlerinin saçılımının gösterilmesi amacıyla standart sapma değerleri de aynı tabloda verilmiştir.

Tablo 1'den de görüleceği üzere en iyi sonucu veren eylemsizlik ağırlığı değeri 0.5,0.5 vektörü olarak tespit edilmiştir. İşlem zamanını artıracağından dolayı deneyler, sürü boyutu (*PS*) 16'dan yüksek değerler için yapılmamıştır. Sonuç olarak en optimum sonucu veren değerler topluluğu *AC*=1.2, 1.8; *IW*=0.5,0.5; *PS*=16 olarak belirlenmiştir.

Şekil 2(c), PSO ile hesaplanan ölçekleme faktörleri (0.58,0.01,0.026,0.01) ile elde edilen damgalanmış resmi

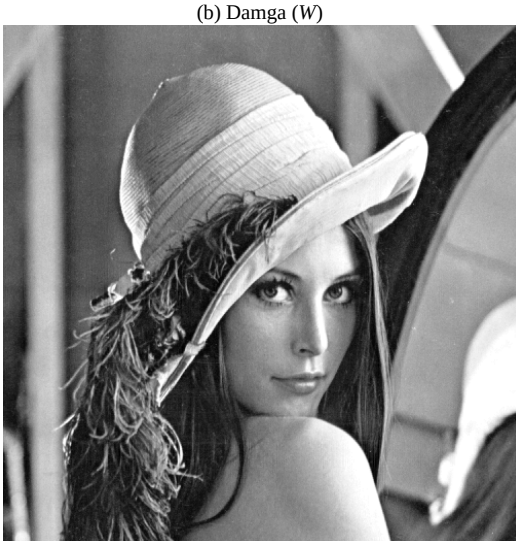
göstermektedir. Şekil 2'den de görüleceği üzere damgalanmış resim ile barındırıcı resim arasındaki fark gözle fark edilemeyecek kadar önemsizdir.



(a) Barındırıcı resim (A)



(b) Damga (W)



(c) Damgalanmış resim (A_W)

Şekil 2. Barındırıcı resim, damga ve damgalanmış resim

Saldırıya uğramış damgalı resimlerden çıkarılan damgalar Şekil 3'de verilmiştir. Her bir resim, 4 ayrı alt banda gömülen damga resimleri göstermektedir. Sol üst köşe LL bandından, sağ üst köşe HL bandından, sol alt köşe LH bandından, sağ alt köşe ise HH bandından çıkarılan damgaları içerir. Şekil 4'de ise test için kullanılan saldırılara (JPEG sıkıştırma ve Gaussian gürültü) karşılık elde edilen damgalar görülebilir. Aynı deneyler sabit SF'ler içinde uygulanmış ve oluşan değerler

TABLO II

SABİT *SF*'LER İLE OPTİMUM *SF*'LERİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI.

		$corr_I$	$corr_W$			
			DN	YB	OF	NT
PSO SF'leri		0.9997	0.9649	0.9952	0.9959	0.9849
Sabit SF'ler	0.01	0.9999	0.9647	0.8105	0.8878	0.9536
	0.03	0.9996	0.9751	0.8455	0.8207	0.9741
	0.05	0.9988	0.9771	0.9051	0.9159	0.9797
	0.07	0.9979	0.9458	0.9392	0.9514	0.9824
	0.09	0.9967	0.892	0.9587	0.9702	0.9841



(a) Dönme (DN)



(b) Netleştirme (NT)



(c) Yeniden boyutlandırma (YB)

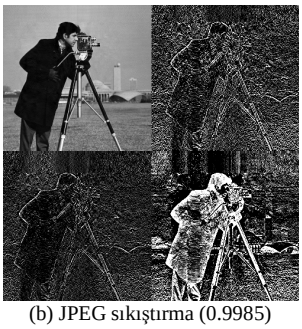


(d) Ortalama filtreleme (OF)

Şekil 3. Saldırılar sonucu elde edilen damgalar (W^*).



(a) Gaussian gürültü (0.9907)



(b) JPEG sıkıştırma (0.9985)

Şekil 4. Test saldırıları sonucu elde edilen damgalar ve dört alt banttan elde edilen damgalardan en iyisinin korelasyon değeri

Tablo 2'de verilmiştir. Görüldüğü gibi deney sonucu elde edilen optimum *SF*'ler sabit olarak alınan *SF*'lerden daha iyi korelasyon sonuçları vermişlerdir. Eğitim aşamasındaki saldırılar dışında önerilen teknik, veriminin ölçülmesi amacıyla iki adet saldırıya daha maruz bırakılmıştır. Bu test saldırıları sonucu elde edilen damgalar ve bu damgalara ait korelasyon değerleri şekil 4'te verilmiştir.

VI. SONUÇ

Bu çalışmada ölçekleme faktörleri PSO tarafından optimize edilen DWT-SVD tabanlı bir damgalama tekniği sunulmuştur.

Önerilen yaklaşım sabit ölçekleme faktörü kullanan metotlara göre başarılı sonuçlar vermektedir. Bütün bantlara birer tane damga gömüldüğü için barındırıcı resme toplamda barındırıcı resmin boyutları kadar bir damga saklanmıştır. Bu sayede, farklı saldırılara karşı dayanıklı bir damgalama yöntemi elde edilmiştir.

İlerki çalışmalarda, daha küçük boyutlu damga gömmek amacıyla iki veya daha ileri seviyeli DWT dekompozisyonu gerçekleştirilebilir. Ayrıca her bir bant için bir ölçekleme faktörü yerine çoklu-parametreli yöntemlerle sistemin başarımı artırılabilir [15].

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] Y.H. Yu, C.C. Chang, Y.C. Hu, “Hiding secret data in images via predictive coding”, Pattern Recognition 2005; 38: 691–705.

[7] I.J. Cox, J. Kilian, F.T. Leighton, T. Shamoon, “Secure spread spectrum watermarking for multimedia”, IEEE Trans. Image Processing 1997; 6: 1673–87.

[8] Y. Wang, J.F. Doherty, R.E. Van Dyck, “A wavelet-based watermarking algorithm for ownership verification of digital images”, IEEE Trans. Image Processing 2002; 11: 77–88.

[9] D.C. Lou, T.L. Yin, “Adaptive digital watermarking using fuzzy logic technique”, Optical Engineering 2002;41: 2675–87.

[10] C.S. Shieh, H.C. Huang, F.H. Wang, J.S. Pan, “Genetic watermarking based on transform-domain techniques” Pattern Recognition 2004;37: 555-65.

[11] Y.T. Wu, F.Y. Shih, “Genetic algorithm based methodology for breaking the steganalytic systems”, IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics 2006; 36: 24-31.

[12] P. Kumsawat, K. Attakitmongcol, A. Srikaew, “A new approach for optimization in image watermarking by using genetic algorithms”, IEEE Trans. Signal Processing 2005;53: 4707-19.

[13] P.T. Yu, H.H. Tsai, J.S. Lin, “Digital watermarking based on neural networks for color images”, Signal Processing 2001; 81: 663-71.

[14] V. I. Gorodetski, L. J. Popyack, V. Samoilov and V. A. Skormin, “SVD-based Approach to Transparent Embedding Data into Digital Images,” International Workshop on Mathematical Methods, Models and Architectures for Computer Network Security (MMM-ACNS 2001), St. Petersbug, Russia, May 21-23, 2001.

[15] V. Aslantaş, "A Singular Value Decomposition based Image Watermarking using Genetic Algorithm", Int J Electron Commun (AEU), 2007.

[16] E. Ganic, A.M. Eskicioglu, "Robust DWT-SVD Domain Image Watermarking: Embedding Data in All Frequencies", Proceedings of the ACM Multimedia and Security Workshop 2004, pp. 166-174, Magdeburg, Germany, September 20-21, 2004.

[17] J. Kennedy and R. C. Eberhart. “Particle Swarm Optimization.”, In Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Volume IV, pages 1942-1948, Perth, Australia, 1995. IEEE Service Center, Piscataway, NJ.

[18] F. van den Bergh, “Particle Swarm Weight Initialization in Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks”, In Development and Practice of Artificial Intelligence Techniques, pages 41-45. Durbhan, South Africa, September 1999.

[19] K. E. Parsopolos and M.N. Vrahatis, “Recent approaches to global optimization problems through Particle Swarm Optimization”, Kluwer Academic Publishers, 2002.

[20] F. van den Bergh. “An Analysis of Particle Swarm Optimizers”, PhD thesis, Department of Computer Science, University of Pretoria, Pretoria, South Africa, 2001.