

Genetik Algoritma ve Tekil Değer Ayırışımı Tabanlı Yeni Bir Kırılgan Resim Damgalama

Veysel Aslantaş, Mevlüt Doğru

Özet—Bu çalışmada, Genetik Algoritma (GA) kullanarak Tekil Değer Ayırışımı (Singular Value Decomposition - SVD) tabanlı yeni bir kırılgan resim damgalama tekniği geliştirilmiştir. Çoklu ölçekleme faktörleri (scaling factors - SFs) kullanarak damganın her bir satırı ölçeklenmiştir. Orijinal resim de bloklara ayrılmıştır. Bu blokların tekil değerlerine (singular values - SVs) sırasıyla farklı bir damga satırı gömülerek damgalanmış resim elde edilmiştir. Önerilen metotta, maksimum saydamlık için ölçekleme faktörleri GA ile optimize edilmiştir. Deneysel sonuçlar, maksimum saydamlığa ulaşıldığını göstermektedir. Damgalanmış resme çeşitli saldırılar uygulanarak da kırılganlık tespiti yapılmıştır. Saldırı olmadan damga olduğu gibi elde edilirken, saldırı olması durumunda ise gömülen damga oldukça bozulmaktadır.

Anahtar Kelimeler—Genetik Algoritma, Kırılgan Resim Damgalama, Tekil Değer Ayırışımı.

Abstract—In this paper, a novel fragile image watermarking scheme based on SVD using GA is presented. Watermark of every line is scaled by using multiple SFs. Host image is divided into blocks. Watermarked image is obtained by embedding a different line of watermark to SVs of the every block. In this proposed method, the SFs are optimized using GA to achieve maximum transparency. Experimental results indicate that reached the highest transparency. Fragility detected under various attacks. When an attack does not occur exactly the original embedded watermark is achieved or else the embedded watermark is intensely corrupted.

Index Terms—Genetic Algorithm, Fragile Image Watermarking, Singular Value Decomposition.

I. GİRİŞ

SAYISAL damgalama; ses, resim ve video gibi sayısal verilerin korunmasında yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Bu teknikte amaç, bir sayısal verinin damga olarak başka bir sayısal verinin içerisine gizlenmesidir. Telif hakkının korunması, veri doğruluğunun ispatı, doküman arşivleme, dokümana ait bilgilerin saklanması ve dijital parmak izi korunması gibi birçok işlemler için sayısal damgalama kullanılmaktadır [1,2]. Resim damgalama genel olarak; gömülme ortamına, görülebilirliğe ve kalıcılığa göre sınıflandırılabilir [2-4].

Gömülme ortamına göre damgalama; resim ve frekans uzayı teknikleri olarak iki guruba ayrılabilir. Resim uzayı tekniklerinde damgalama işlemi doğrudan orijinal resmin piksellerine eklenerek gerçekleştirilirken, frekans uzayı

tekniklerinde ise Ayrık Kosinüs Dönüşümü (Discrete Cosine Transform - DCT), Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform - DWT) ve SVD gibi dönüşüm teknikleri aracılığıyla frekans uzayı katsayılarına damga eklenerek gerçekleştirilmektedir [1,2]. Genellikle, frekans uzayı metotları birçok saldırıya karşı resim uzayı metotlarına göre daha dayanıklı ancak bir dönüşüm uygulandıktan hesaplama maliyeti olarak daha yüksektir [2,5-7].

Görülebilirliğine göre resim damgalama; görünür ve görünmez (saydam) olarak iki guruba ayrılabilir. Görünür damgalar, televizyon yayımlarına eklenmiş logolar gibi insan gözüyle rahatlıkla görülebilmektedir. Görünmeyen damgalar ise insan görme sisteminde algılanamayacak şekilde sayısal verinin içerisine eklenen damgalardır. Görünür damgalara göre daha güvenli ve dayanıklıdır [2].

Kalıcılığa göre damgalama teknikleri; dayanıklı, kırılgan ve yarı-kırılgan olmak üzere üç gurupta sınıflandırılabilir. Dayanıklı damgalamada damga, çeşitli saldırılardan (filtreleme, gürültü ekleme vb.) etkilenmemelidir. Kırılgan damgalamada, damgalanmış resme basit bir işlem uygulandığında damga kolaylıkla bozulmalıdır. Bu tür damgalar genellikle veri doğrulama amacıyla kullanılır. Yarı-kırılgan damgalamada ise, belirli saldırılara maruz kaldığında damga bundan etkilenmemeli, ancak içerik değişikliği gibi kötü niyetli saldırılara karşı damga yok olabilmelidir [6,8,9]. Kırılgan damgalama yönteminde damgalanmış resimdeki damga insan gözüyle fark edilemez. Güvenlik açısından doğrulama amacına uygun olarak da resimler yetkisiz kişiler tarafından değiştirilmemelidir. Bunun için, kırılgan damgalama yöntemi kullanılarak orijinal verinin bozulup bozulmadığı hakkında bilgi alınabilmektedir.

SVD, uyarlaması kolay olduğundan damgalama dahil bir çok alanda güçlü bir nümerik analiz tekniği olarak kullanılmaktadır. Literatürde, farklı yapay zekâ teknikleri kullanılarak DCT dönüşümüyle kırılgan damgalama teknikleri [10-12], SVD dönüşümüyle de maliyet fonksiyonu değiştirilerek dayanıklı, kırılgan ve yarı-kırılgan damgalama tekniği [13] geliştirilmiştir. Ayrıca, herhangi bir yapay zekâ tekniği kullanmadan DCT tabanlı [14] ve DWT-SVD tabanlı [15] dayanıklı damgalama teknikleri de mevcuttur. Optimizasyon algoritması kullanarak geliştirilen bazı kırılgan damgalama metotları ve bu makalede önerilen metodun karşılaştırılması ise Tablo 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada, gri seviye resimler için GA kullanılarak SVD tabanlı kırılgan damgalama tekniği geliştirilmiştir. Ölçekleme faktörleri kullanılarak satırları ölçeklenmiş olan damganın her bir satırının, bloklara ayrılmış orijinal resmin her bloğunun tekil değerlerine farklı bir damga satırı gömülecek şekilde eklenmesiyle damgalanmış resim elde edilmiştir. Damga ekleme sırasında ölçekleme faktörleri en yüksek saydamlığa ulaşacak şekilde GA ile belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar, saydamlık ve saldırı olmadan damganın

Veysel Aslantaş, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Kayseri, Türkiye (e-mail:aslantas@erciyes.edu.tr).

Mevlüt Doğru, Maliye Bakanlığı, Millî Emlak Genel Müdürlüğü, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye (e-mail:mevlut_dogru@milliemlak.gov.tr).

TABLO I
ÖNERİLEN METOT VE LİTERATÜRDEKİ BAZI METOTLARIN
KARŞILAŞTIRMASI

Kullanılan Teknik ve Algoritma	Özellik	Yayımlama
DCT Klonal Seçme Algoritması (KSA)	Kırılgan	Aslantas vd. (2007)
DCT Parçacık Sürü Algoritması (PSO)	Kırılgan	Aslantas vd. (2008)
DCT GA, PSO, KSA, Diferansiyel Gelişim Algoritması (DGA)	Kırılgan	Aslantas vd. (2009)
SVD GA	Kırılgan Yarı-kırılgan Dayanıklı	Modaghegh vd. (2009)
SVD GA	Kırılgan	Önerilen Metot

geri elde edilmesi bakımından geliştirilen tekniğin başarılı olduğunu, saldırı olduğunda ise damganın oldukça bozulduğunu göstermektedir.

II. SVD TABANLI DAMGALAMA

SVD ile $N \times N$ boyutlarındaki bir A matrisi $A = USV^T$ olacak şekilde üç ayrı matrisin çarpımına eşitlenebilir. Burada $N \times N$ boyutlarındaki U ve V^T ortogonal matris, $N \times N$ boyutlarındaki S ise köşegen (diagonal) matristir. Köşegen elemanları dışındaki elemanları sıfır olan S matrisi, A matrisinin tekil değerleri olarak adlandırılır [5,6].

A. Damga Gömme

Orijinal resim (I) ile damganın (W) boyutlarının sırasıyla $N \times N$ ve $M \times 2M$ ($N > 2M$) olduğu, k 'nin de ölçekleme faktörü olduğu varsayılırsa, damga gömme işleminde aşağıdaki adımlar uygulanmıştır. Burada, W_i damganın i . satırı, $I_{(m,n)}$ ise bloklara ayrılmış orijinal resmin m . satır ve n . sütun bloğunu ifade etmektedir.

- 1) Orijinal resim $M/2 \times M/2$ 'lik bloklara bölünür.

$$I = \bigcup_{m=1}^{2N/M} \bigcup_{n=1}^{2N/M} I_{(m,n)} \quad (1)$$

- 2) Orijinal resmin her bloğuna SVD uygulanır.

$$I_{(m,n)}^{SVD} = U_{(m,n)} S_{(m,n)} V_{(m,n)}^T \quad (2)$$

- 3) Blokların $S_{(m,n)}$ matrisine damganın satırları gömülür.

$$S_{(m,n)}^* = \bigcup_{m=1}^{2N/M} \bigcup_{n=1}^{2N/M} S_{(m,n)} + k * \bigcup_{i=1}^{4N^2/M^2} \text{diag}(W_i) \quad (3)$$

- 4) Damgalanmış resim blokları hesaplanır.

$$I_{(m,n)}^D = U_{(m,n)} S_{(m,n)}^* V_{(m,n)}^T \quad (4)$$

- 5) Damgalanmış resim blokları birleştirilerek damgalanmış resim (I_W) elde edilir.

$$I_W = \bigcup_{m=1}^{2N/M} \bigcup_{n=1}^{2N/M} I_{(m,n)}^D \quad (5)$$

B. Damga Çıkarma

SVD ile damgalanmış resimden damga çıkarma işleminde aşağıdaki adımlar sırayla uygulanmıştır.

- 1) Damgalanmış resim, bloklarına ayrıldıktan sonra her bir bloğa SVD uygulanır.

$$I_{(m,n)}^{DSVD} = U'_{(m,n)} S'_{(m,n)} V'_{(m,n)}{}^T \quad (6)$$

- 2) Her bloktan, gömülen damga çıkarılır.

$$W_i^* = \bigcup_{m=1}^{2N/M} \bigcup_{n=1}^{2N/M} \text{diag}(S'_{(m,n)} - S_{(m,n)}) / k \quad (7)$$

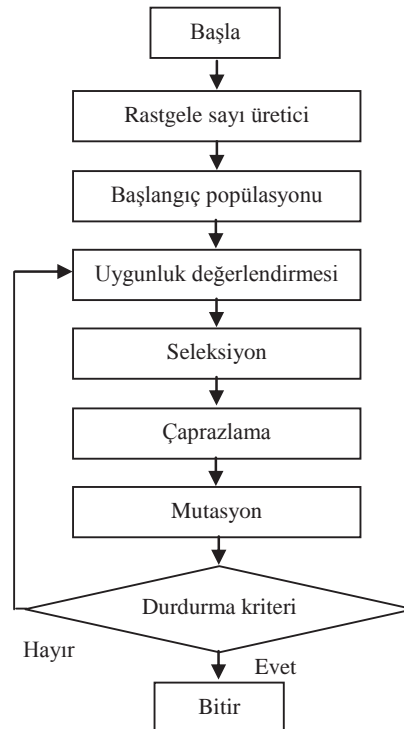
- 3) Her bloktan çıkarılan damga satırları birleştirilerek çıkarılan damga (W^*) elde edilir.

$$W^* = \bigcup_{i=1}^{4N^2/M^2} W_i^* \quad (8)$$

III. GENETİK ALGORİTMANIN TEMEL YAPISI

Şekil 1'de özetlenen temel GA [16]; rastgele sayı üretici, uygunluk değerlendirmesi ve genetik operatörler (seleksiyon, çaprazlama ve mutasyon) bileşeninden oluşmaktadır. Başlangıçta; algoritma tasarımcısı tarafından durdurma kriteri, maliyet fonksiyonu ve parametreler belirlenir. Durdurma kriteri sağlanıncaya kadar da optimizasyon işlemi devam eder.

Başlangıç popülasyonu, algoritmanın başlangıcında rastgele sayı üretici tarafından oluşturulan sayı dizisidir. Her bir dizi, optimizasyon problemi için muhtemel çözümü gösterir. Sonraki aşamada her bir dizinin uygunluk değerlendirmesi, maliyet fonksiyonuna göre hesaplanır.



Şekil 1. GA'nın temel akış şeması.

Uygunluk değeri, mevcut çözümlerin en iyisinin ölçümü için kullanılan bir değerdir. Seleksiyon operatörü, doğal seleksiyon fonksiyonunu yerine getirir. Bireyleri temsil eden dizilerden uygunluk değeri daha yüksek olan sonraki nesillere aktarılır.

Çaprazlama operatörü ile rastgele birey çiftleri seçilir ve yeni bireyler oluşturulur. En temel çaprazlama işlemi, ebeveynin rastgele seçilen bir noktasından kesilerek diğer ebeveynin aynı kesme noktasından sonraki elemanları ile yer değiştirmesidir. Ebeveynlere uygulanacak çaprazlama işleminin miktarı çaprazlama oranına (crossover rate - CR) göre belirlenir. Mutasyon operatörü, rastgele olmak üzere mutasyon oranına (Mutation rate - MR) göre bireyi temsil eden sayı değerlerinin değiştirilmesini sağlamaktadır. Genetik operatörlerin amacı, mevcut çözümleri daha kaliteli uygunluk değerine sahip çözümlere dönüştürmektir [5].

IV. GA VE SVD TABANLI KIRILGAN DAMGALAMA

GA, başlangıçta rastgele üretilen SF'lere uygulanarak saydamlık açısından optimum damgalama elde edilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen GA tabanlı damga gömmenin blok diyagramı Şekil 2'de gösterilmektedir.

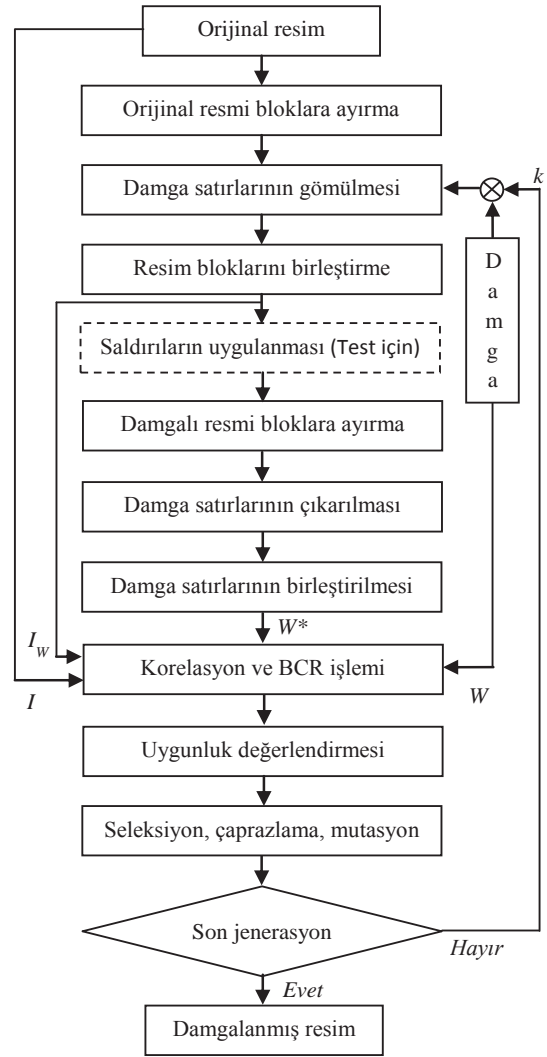
Gömme işlemi, Bölüm II. A'da verilen bilgilere göre yapılmaktadır. Saldırıya uğramış veya uğramamış damgalanmış resimden damgalar da Bölüm II. B'de verilen bilgilere göre çıkarılmıştır. Bu işlemler sonucunda çıkarılan ikili (binary) damganın piksellerinde SF'lerin etkisiyle değişimler olabileceğinden; çıkarılan damganın piksel değerleri 0.5'den daha küçük olanlara 0, 0.5 ve daha büyük olanlara ise 1 atanarak yeniden ikili damga elde edilmiştir. Çeşitli veri doğrulama işlemleri için farklı damgalama uygulamaları kırılmalık testi gerektirebilir. Bu çalışmada damganın kırılmalığını test edebilmek için yeniden ölçekleme (YO), döndürme (DN), gaussian gürültü (GG) ve ortalama filtreleme (OF) saldırıları uygulanmıştır. Damgalanmış resimler bu saldırılar uygulanarak kırılmalık tespiti yapılmıştır. Geliştirilen modelin esnekliğinden dolayı farklı saldırılar da uygulanabilir.

İki boyutlu korelasyon değeri ($corr_t$) sayesinde orijinal resim ile damgalanmış resim arasındaki benzerlik (saydamlık amacıyla), denklem 9'da gösterilen "*Bit Doğruluk Oranı*" (*Bit Correct Rate - BCR*) sayesinde de orijinal damga ile çıkarılan damga arasındaki farklılık (kırılmalık amacıyla) hesaplanmıştır. Denklemde; W_t orijinal damgayı, W_t^* çıkarılan damgayı, M_w damganın satır sayısını, N_w damganın sütun sayısını, \oplus simgesi ise lojik XOR operatörünü göstermektedir. BCR %100 olduğunda gömülen damga tamamen doğru bir şekilde çıkarılabilmektedir [17].

$$BCR = \left(1 - \frac{1}{M_w \times N_w} \sum_{t=1}^{M_w \times N_w} (W_t \oplus W_t^*)\right) \cdot 100\% \quad (9)$$

Korelasyonu ve BCR kullanılarak önerilen maliyet fonksiyonu denklem (10)'da gösterilmektedir. Bu denklem, saydamlık ve kırılmalık için durdurma kriteri sağlanıncaya kadar GA tarafından minimize edilmiştir. Durdurma kriterine örnek, maksimum jenerasyon sayısı verilebilir. Burada t jenerasyon sayısını, f_i ise i . jenerasyondaki maliyet fonksiyonunun değerini ifade etmektedir.

$$f_i = BCR_{i=1}^t - corr_t(I, W) \quad (10)$$



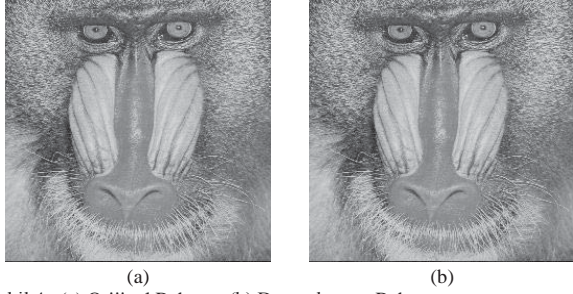
Şekil 2. GA tabanlı damga gömme ve çıkarmanın blok şeması.

V. DENEYSEL SONUÇLAR

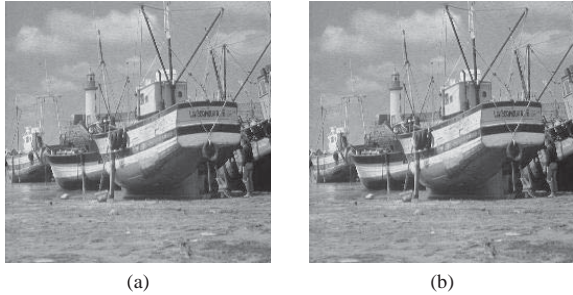
Geliştirilen metodu değerlendirmek için damga olarak, Şekil 3 (a)'da gösterilen 32x64 boyutundaki orijinal ikili resmin 32x8'lik bloklar halinde sırayla alt alta yerleştirilmesiyle oluşturulan ve Şekil 3 (b)'de gösterilen 256x8'lik ikili resim kullanılmıştır. Kaynak resim olarak da 256x256 boyutlarındaki Şekil 4 (a)'da gösterilen Baboon ve Şekil 5 (a)'da gösterilen Gemi resimleri kullanılmıştır. Şekil 3 (b)'deki damga gömülerek oluşturulan damgalanmış resimler Şekil 4 (b) ve Şekil 5 (b)'de gösterilmektedir. Her iki damgalı resme de herhangi bir saldırı uygulamadan çıkarılan damgalar ise Şekil 6'da verilmiştir. Görsel analizle de görüleceği gibi damgalı resimlerde ve çıkarılan damgalarda herhangi bir bozulma gözükmemektedir. Test aşamasında yöntemin saldırılara karşı kırılmalığını ölçmek için YO (bilinear: 256→128→256), DN (bilinear: 3⁰), GG ve OF işlemleri uygulanmıştır. Saldırılar sonrasında Baboon ve Gemi damgalanmış resimlerinden çıkarılan damgalar Şekil 7'de verilmiştir. Bu resimlerden, orijinal damgaya göre çıkarılan damganın tamamen bozulduğu görülmektedir. GA'nın kontrol parametreleri; jenerasyon sayısı 500, seleksiyon şekli "rulet", çaprazlama şekli "iki noktalı", çaprazlama oranı 0.4, mutasyon şekli "düzenli", mutasyon



Şekil 3. (a) Orijinal damga, (b) Oluşturulan yeni damga.



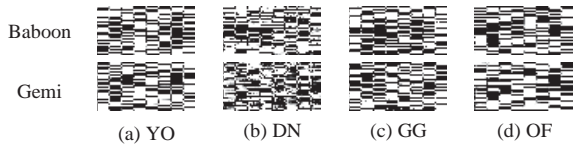
Şekil 4. (a) Orijinal Baboon, (b) Damgalanmış Baboon.



Şekil 5. (a) Orijinal Gemi, (b) Damgalanmış Gemi.



Şekil 6. Saldırı olmadan çıkarılan damga, (a) Damgalanmış Baboon'dan, (b) Damgalanmış Gemi'den.



Şekil 7. Saldırılar sonrası damgalanmış resimlerden çıkarılan damga.

TABLO II
FARKLI RESİMLERİN KORELASYON VE BCR DEĞERLERİ

	$corr_1$	BCR				
		YO	DN	GG	OF	
Baboon	1	100	56,1523	54,9316	56,1523	54,8340
Gemi	1	99,6582	56,3477	54,8828	54,9805	55,5664

TABLO III
SABİT SF'LER İLE OPTİMUM SF'LERİN PERFORMANS
KARŞILAŞTIRMASI

		$corr_1$		BCR	
		1	100	1	100
Baboon	GA SF'ler	1	100	1	100
Gemi	GA SF'ler	1	99,6582	1	99,6582
Baboon	Sabit SF'ler	1	1	42,1875	42,1875
		20	0,9983	93,7988	93,7988
		40	0,9938	88,1836	88,1836
Gemi	Sabit SF'ler	1	1	44,3359	44,3359
		20	0,9985	89,3066	89,3066
		40	0,9943	84,7309	84,7309

oranı 0.04, popülasyon büyüklüğü 128 ve başlangıç popülasyon aralığı da $[-15;15]$ olarak seçilmiştir. 500 jenerasyon sonucunda optimizasyon işlemi sonuçlanmaktadır.

Geliştirilen GA tabanlı yöntemin korelasyon ve BCR değerleri Tablo II'de verilmiştir. Tablo sonuçları incelendiğinde, her iki resimde $corr_1$ değerinin 1 çıkması maksimum saydamlığın sağlandığını göstermektedir. BCR değerinin ise saldırı uygulamadan Baboon resminde 100 çıkararak orijinal ve çıkarılan damga arasındaki benzerliğin %100 olduğunu, Gemi resminde de "99.6582" çıkararak bu benzerliğin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Saldırının türüne göre BCR değeri "54-57" arasında değişerek de çıkarılan damganın oldukça bozulduğunu ve bu tekniğin kırılabilir bir damgalama olduğunu göstermektedir. GA ile elde edilen sonuçlar aynı zamanda "1, 20, 40" sabit ölçekleme faktörleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Tablo III'deki bu sonuçlara göre, SF değeri 1 verildiğinde $corr_1$ çıkmakta fakat BCR oldukça düşük çıkmaktadır. Sabit SF değerini artırınca ise $corr_1$ düşmekte ve BCR de %100 başarı seviyelerine ulaşamamaktadır. GA tabanlı yöntemde ise hem maksimum saydamlık sağlanmakta hem de saldırı olmadan orijinal ve çıkarılan damga arasındaki benzerlik korunmaktadır.

VI. SONUÇLAR

Bu çalışmada, GA kullanılarak SVD tabanlı yeni bir kırılabilir resim damgalama tekniği sunulmuştur. Çoklu ölçekleme faktörleri kullanılarak ölçeklenen damga resminin her bir satırı, bloklara ayrılmış orijinal resmin her bloğun tekil değerlerine farklı bir damga satırı gömülecek şekilde eklenmesiyle damgalanmış resim elde edilmiştir. Önerilen metotta, resmin kalitesini değiştirmeden olabildiğince yüksek saydamlık için çoklu ölçekleme faktörleri GA ile elde edilmiştir. Deneysel testler, GA ile optimize edilen SF'lerin sabit SF'ye göre çok daha kaliteli sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Ayrıca orijinal resim ile damgalanmış resmin aynı çıkması, damgalanmış resmin en yüksek saydamlığa ulaştığını belirtmektedir.

Kırılabilir damgalama tekniği sayısal verilerin bozulup bozulmadığının testi için kullanıldığından, kırılabilirliği tespit etmek amacıyla YO, DN, GG ve OF saldırıları damgalanmış resme uygulanmıştır. Saldırılar sonucunda çıkarılan damgalar incelendiğinde, damganın oldukça bozulduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] F. Hartung, and M. Kutter, "Multimedia watermarking techniques", Proc. IEEE 1999; 87: 1079-107.
- [2] V. Potdar, S. Han, and E. Chang, "A survey of digital image watermarking techniques", Proceedings of the 3rd international IEEE conference on industrial informatics (INDIN 2005), Perth Western Australia, 10-12 Aug. 2005.
- [3] F. A. P. Petitcolas, R. J. Anderson, and M. G. Kuhn, "Information hiding—A survey", Proceedings of IEEE 1999; 87:1062-78.
- [4] B. L. Gunjal, and R. R. Manthalkar, "An overview of transform domain robust digital image watermarking algorithms", Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, vol. 2, no 1, CIS Journal 2010-2011.
- [5] V. Aslantas, "An SVD based digital image watermarking using genetic algorithm", International Conference on Information Sciences, Signal Processing and its App., ISSPA2007, Sharjah, U.A.E., 2007.
- [6] V. Aslantas, "An optimal robust digital image watermarking based on SVD using differential evolution algorithm", Optics Communications 282, 769-777, 2009.
- [7] D. Arya, "A survey of frequency and wavelet domain digital watermarking techniques", International Journal of Scientific & Engineering Research, vol. 1, iss. 2, Nov. 2010.
- [8] E. Hussein, and M. A. Belal, "Digital watermarking techniques, applications and attacks applied to digital media: A survey", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, vol. 1, no 7, Sep. 2012.
- [9] M. H. Hassan, and S. A. M. Gilani, "A semi-fragile watermarking scheme for color image authentication", World Academy of Science, Engineering and Technology 19, 2006.
- [10] V. Aslantas, S. Ozer, and S. Ozturk, "A novel clonal selection algorithm based fragile watermarking method", LNCS, 4628, pp. 358-369, 2007.
- [11] V. Aslantas, S. Ozer, and S. Ozturk, "A novel fragile watermarking based on particle swarm optimization", IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo, Hannover, Germany, 269-72, 2008.
- [12] V. Aslantas, S. Ozer, and S. Ozturk, "Improving the performance of DCT-based fragile watermarking using intelligent optimization algorithms" Optics Commun., vol. 282, no 14, 2806-2817, 2009.
- [13] H. Modagheh, R. H. Khosravi, and M. R. Akbarzadeh-T, "A new adjustable blind watermarking based on GA and SVD", Innovations'09: 6th International Conference on Innovations in Information Technology, Dec. 2009.
- [14] M. B. Abugharsa, M. A. Sullabi and A. M. Taher, "Digital watermarking enhancement for satellite images using a DCT algorithm", 5th International Conference on Information Security & Cryptology, Turkey, May. 2012.
- [15] M. Agoyi and D. Seral, "An imperceptible watermarking scheme based on double density dual-tree discrete wavelet transform in combination with singular value decomposition", 5th International Conference on Information Security & Cryptology, Turkey, May. 2012.
- [16] J. H. Holland, "Adaptation in natural and artificial system: an introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence", Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- [17] S. C. Chu, H. C. Huang, Y. Shi, S. Y. Wu, and C. S. Shieh, "Genetic watermarking for zerotree-based applications", Digital Watermarking and Multimedia Security, Circuits Syst Signal Process, 27: 171-182, 2008.

Veysel Aslantaş Erciyes Üniversitesi Elektronik Mühendisliği Bölümünden 1988 yılında mezun oldu. 1988 yılında aynı üniversitenin Elektronik Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. İngiltere Galler Cardiff Üniversitesinde Zeki Sistemler üzerine yaptığı Doktorasını 1997 yılında tamamladı. 2010'da ise Doçent ünvanını aldı. İlgi alanları; bilgisayarla görme, resim işleme, bilgisayar grafik, yapay sinir ağları ve zeki optimizasyon teknikleridir. Halen Erciyes Üniversitesinde Öğretim Üyesi olarak görevini sürdürmektedir.

Mevlüt Doğru Erciyes Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden 2007 yılında mezun oldu. 2010 yılında aynı üniversitenin Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansını tamamlayarak Doktora eğitimine başladı. SGK Bilgi Sistemleri ve Güvenliği Daire Başkanlığında Sistem Mühendisi olarak 2010'da başladığı görevini, 2011 yılından itibaren Maliye Bakanlığı Millî Emlak Genel Müdürlüğünde sürdürmektedir. Aynı zamanda Doktora eğitimine de devam etmektedir.