

GLOBAL AYRIK KOSİNÜS DÖNÜŞÜMÜ İLE GÖRÜNTÜ SIKIŞTIRMADA BAŞARIMIN İYİLEŞTİRİLMESİ

IMPROVING THE PERFORMANCE OF THE IMAGE COMPRESSION BY GLOBAL DISCRETE COSINE TRANSFORM

Göksele GÜNLÜ

goksel@gazi.edu.tr

Gazi Üniversitesi

Elektrik-Elektronik Müh. Böl.

Hasan Şakir BİLGE

bilge@gazi.edu.tr

Gazi Üniversitesi

Bilgisayar Müh. Böl.

Özet:

Bu çalışmada, ortogonal dönüşümlerden, Global Ayrik Kosinüs Dönüşümünü (GAKD) temel alan kayıplı görüntü sıkıştırma yönteminin iyileştirilmesi için otomatik bir yöntem sunulmuştur. Resimlerin AKD'leri incelendiğinde, katsayıların ilk terimden itibaren hızla azaldığı ve sıfır değerine sahip katsayıların sayısının gittikçe arttığı görülür. Bu durum göz önüne alınarak, sıkıştırma oranını arttırmak için, AKD terimleri belli bir noktadan itibaren iki gruba ayrıldı. Her bir grup için ayrı ayrı Huffman kodlama yapıldı. Gruplara ayırmak için seçilen ayrılma noktasının sıkıştırma oranı ve hıza olan etkisi incelenerek en iyi ayrılma noktasının bulunması için bir yöntem geliştirildi. Böylece GAKD yöntemine işlem karmaşası eklemeyen sıkıştırma oranında %8, işlem süresinde %50'ye varan başarı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Görüntü Sıkıştırma, Global Ayrik Kosinüs Dönüşümü, Huffman Kodlama

Abstract:

This paper presents an automatic method to improve lossy image compression which is based on Global Discrete Cosine Transform (DCT), an orthogonal transformation. If DCT of an image is analyzed, it is seen that the coefficients sharply get smaller and the number of zero-valued coefficients increases as the frequency increases. In order to take advantage of this situation to increase the compression rate, DCT coefficients are divided into two groups, and Huffman

codes are separately generated for each group. Effects of the breaking point selection over the compression rate and time are analyzed, and an algorithm is suggested to determine the breaking point automatically. Experimental results show 8% improvement on compression rate and 50% reduction on compression time without adding any significant complexity to Global DCT method.

Keywords: Image Processing, Image Compression, Global Discrete Cosine Transform, Huffman Coding

1. Giriş

Görüntülerin işlenmeden, ham olarak saklanması ve aktarılması verimli değildir. Buna rağmen görüntülerin aktarılması ve saklanmasıdaki gereksinim günden güne artmaktadır[1]. Bu verilerin ham olarak saklanması çoğu kez istenmeyen ve de zorluk oluşturan bir durumdur. Bu zorluklardan dolayı günümüzde, görüntü sıkıştırmaya olan ilgi daha da artmaktadır. Görüntü sıkıştırma veya iletimi için birçok standart (MPEG4, JPEG, H264, 3D-DCT) önerilmiştir[2,3,4,5]. Bu standartların amacı genel olarak, görüntüleri yüksek kalitede ve hızda iletmek veya saklamaktır.

Global Ayrik Kosinüs Dönüşümü (GAKD) ile sıkıştırma yönteminde görüntü bloklara ayrılmadan bir bütün olarak işlenir[1]. GAKD yönteminde kodlayıcı üç bölümden oluşmuştur; Global Ayrik Kosinüs Dönüşüm bloğu, nicemleme ve Huffman kodlama bloğu. Bu çalışmada sıkıştırmanın daha iyi yapılabilmesi için birden fazla Huffman kod tablosunun kullanılması önerilmiştir. Kayıpsız sıkıştırmada çoklu kod tablosunun kullanılması daha önce Chen ve Prat[6], Lakhani[5] tarafından önerilmiştir. Ancak

önceki çalışmalarda ayrı ayrı 8x8 blokların AC terimleri üzerinde farklı kod tabloları kullanılmıştır. Bu çalışmada ise, tüm resmin AKD dönüşümünün AC terimleri için farklı kod tabloları oluşturuldu. Tüm resmin Global AKD'nin alınması, 8x8 blok AKD alınmasında oluşan bloklama etkisini (blocking effect) yoketmektedir.

Bildiri 5 bölümden oluşmaktadır. 2. bölüm Ayrık Kosinüs Dönüşümünün tanımı hakkında bilgi vermektedir. 3. bölüm daha önce önerilen yöntem üzerinde yapılan iyileştirmelerin detaylarını, 4. bölümde deneysel veriler karşılaştırmalı olarak incelendi. 5. ve son bölümde sunulan yöntem genel olarak değerlendirilmiştir.

2. Ayrık Kosinüs Dönüşümü

AKD Fourier Dönüşümü gibi sinüzoidal tabanlı bir dönüşümdür. Aralarındaki en önemli fark; AKD'nin yalnızca kosinüs terimlerini kullanması sinüs terimleri olmaması, bundan dolayı kompleks bileşenler içermemesidir[7]. AKD yüksek iniltiye sahip bilgiyi, iniltisi düşük bilgiye dönüştürür.

$N \times M$ boyutlu bir $f(x,y)$ görüntünün ayrık kosinüs dönüşümü[8],

$$C(u,v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \alpha(u)\alpha(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right]$$

$u = 0,1,2,\dots,M-1$, $v = 0,1,2,\dots,N-1$, ve ters AKD dönüşümü,

$$f(x,y) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} \alpha(u)\alpha(v) C(u,v) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right]$$

$x = 0,1,2,\dots,M-1$, $y = 0,1,2,\dots,N-1$, $\alpha(\cdot)$ aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

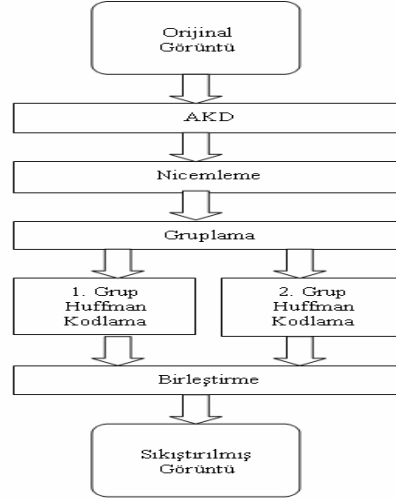
$$\alpha(w) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & w=0 \\ 1, & \text{diğer} \end{cases}$$

Genel olarak görüntülerin pikselleri kendi aralarında yüksek iniltiye sahiptir. Eğer resimde gereksiz bilgiler varsa küçük hatalarla, yüksek sıkıştırma oranları elde etmek mümkündür. Teorik olarak aynı bilgi daha az sayıda bilgi ile temsil edilebilir.

Diğer dönüşümlerle karşılaştırıldığında AKD bazı avantajlara sahiptir. Dikgen bir dönüşümdür ve karmaşık bileşenler içermez. Diğer bir avantajı ise görüntüleri küçük büyüklük değerlerine çevirmesidir.

Bundan dolayı küçük katsayıların yuvarlanması, ve bunlardan tekrar görüntünün elde edilmesindeki hatalar çok önemsenmez. İstenen görüntü kalitesine göre katsayılar seçilir.

3. Global Ayrık Kosinüs Dönüşümü



Şekil 1 Çalışmada önerilen sıkıştırma yönteminin akış diyagramı

Görüntü sıkıştırma için GAKD yöntemi daha önce detaylı olarak açıklanmış ve elde edilen sonuçlar verilmiştir[1]. Bu çalışmada GAKD yönteminde Şekil 1'deki gibi bazı değişiklikler yapılarak performansı artırılmaya çalışılmıştır.

Resimlerin AKD katsayıları, resim ile ilgili frekans bilgilerini taşır. Bu terimler ilk terimden $(F(0,0))$ itibaren çok hızlı bir şekilde azalır. İlk terimler düşük frekans bilgileridir ve resim ile ilgili daha genel bilgiler taşır. Büyük indisli katsayılar yüksek frekans bilgileridir, resmin detayları hakkında bilgi taşır. Şekil 2'de 1. pencere ile seçilen kısım, resmin düşük frekans bilgilerini bulundurur ve resim ile ilgili saklanmak istenen genel bilgileri tutar. 2. pencerede bulunan bilgiler sıfır kabul edilir. Saklanmak istenen görüntü kalitesine göre M_{SW1} pencere boyutu seçilir.

F(0,0)	F(0,1)	F(0,2)	F(0,M1)	F(0,M2)
F(1,0)	F(1,1)	F(1,2)	F(1,M1)	F(1,M2)
F(2,0)	F(2,1)	F(2,2)	F(2,M1)	F(2,M2)
PENCERE 1				
F(M1,0)	F(M1,1)	F(M1,2)	F(M1,M1)	F(M1,M2)
PENCERE 2				
F(M2,0)	F(M2,1)	F(M2,2)	F(M2,M1)	F(M2,M2)

Şekil 2 Global AKD yönteminde resimlerin pencereleme ayrılması

Pencere 1 terimleri zigzag tarama ile 1 boyutlu dizi haline getirilir. Gereksiz bilgilerden arındırmak için Huffman kodlama yöntemi ile dizi sıkıştırılır.

GAKD katsayıları zigzag tarama ile 1 boyutlu diziye dönüştürüldüğünde Şekil 3'te görüldüğü gibi birinci teriminden itibaren çok hızlı bir şekilde azalır. Bu hızlı azalma belli yere kadar devam eder. Kayıpsız sıkıştırmanın yapıldığı ikinci kısımda ise, sayısı az olan büyük genlikli terimler ile sayısı çok olan küçük genlikli terimlerin aynı anda işlenmesi hem daha uzun zaman alır hem de daha az sıkıştırılır. Bunun örnekleri deneysel olarak ileride verilecektir.

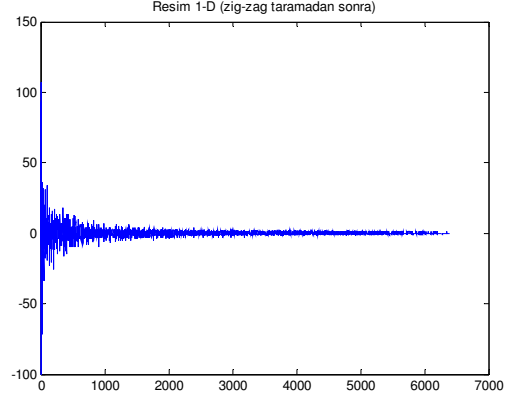
Dağılımı Şekil 4'te verilen Şekil 3'deki 1 boyutlu veri dizisi, Şekil 5 ve Şekil 7'deki gibi iki gruba ayrılabilir. 1. grup verileri incelendiğinde hızlı bir şekilde azalan dinamik aralığı çok büyük veriler olduğu görülür. 2. gruptaki katsayılar incelendiğinde ise dinamik aralığı çok küçük, çoğunluğunu sıfırların oluşturduğu, daha çok -1 ve 1 arasında değişen katsayılar göze çarpar.

1. gruptaki veriler kayıpsız kodlanırken çok verimli olmayan bir şekilde büyük kodlama sözlüğü ile kodlanır. Hem sözlük, hem de herhangi bir sayıyı ifade etmek için gerekli bit sayısı fazladır.

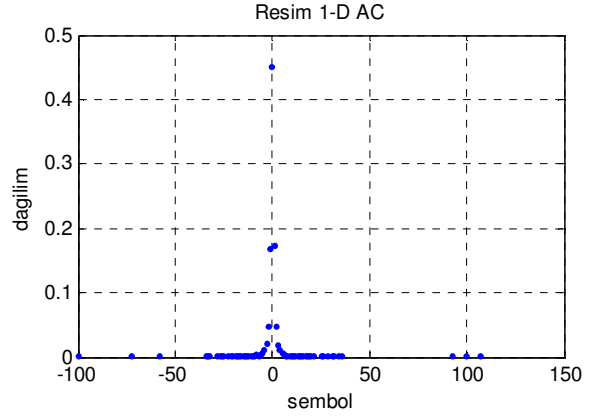
2. gruptaki veriler kayıpsız kodlanırken, verilerin %50 den fazlası 0 olması ve diğer terimlerin dinamik aralığının çok küçük olmasından dolayı çok küçük bir kodlama sözlüğü yeterli olmaktadır.

1. kısımdaki veriler her ne kadar iyi sıkıştırılmasa da, daha önemli bilgileri taşımaktadır. 2. kısımdaki veriler ise daha çok detaylara ait bilgileri taşımakta, ancak daha iyi sıkıştırılabilmektedir. İki grup ayrı ayrı değerlendirildiğinde daha iyi sıkıştırılabilmesine ek olarak daha az işlem süresi gerektirmektedir.

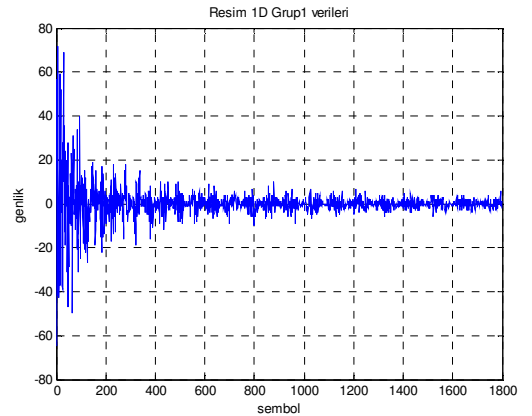
Yapılan deneysel çalışmalarda RLE (Run Length Encoding) sıkıştırma algoritmasının önerilen yöntem için verimli olmadığı ayrıca gereksiz hesap yükü oluşturduğu görülmüştür. Bundan dolayı yalnızca Huffman kodlama[9] yapılmıştır.



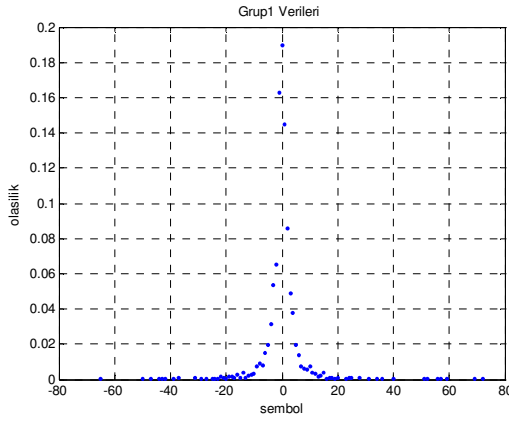
Şekil 3 GAKD'si alınmış resmin zigzag tarama ile 1 boyutlu diziye dönüştürüldükten sonraki düşük frekanslı (PENCERE 1) AC terimleri



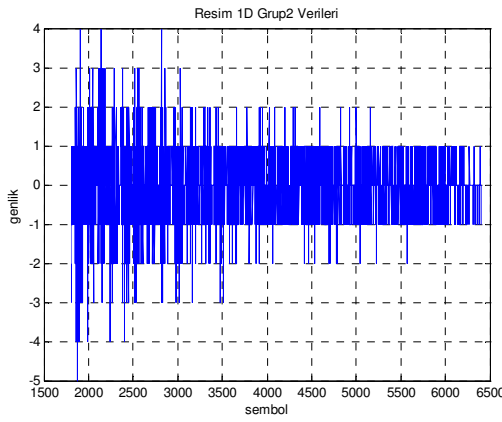
Şekil 4 Seçilen AC GAKD terimlerinin dağılımı



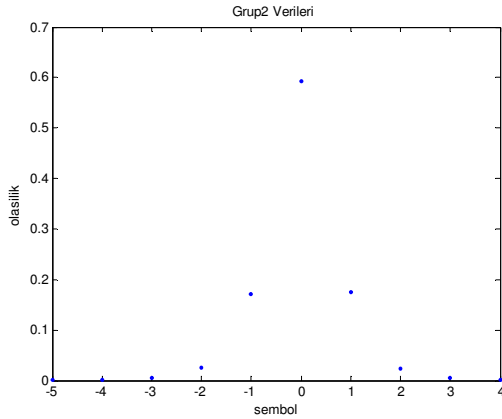
Şekil 5 1. gruptaki terimler



Şekil 6 1. gruptaki terimlerin dağılımı



Şekil 7 2. gruptaki terimler



Şekil 8 2. gruptaki terimlerin dağılımı

4. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışma Matlab ortamında gerçekleştirildi. Çalışmada test için 512x512 Lena ve Boat resimleri kullanıldı.

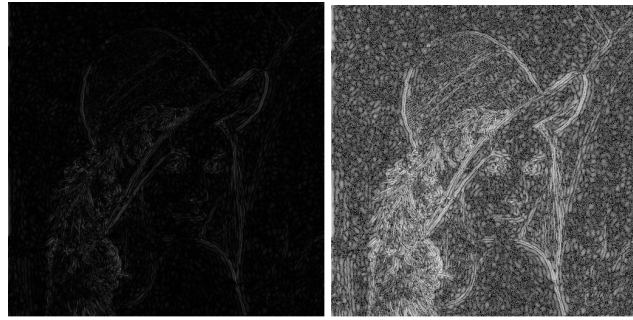
Resimlerin GAKD'si hesaplandı. Daha yüksek sıkıştırma oranı elde edebilmek için nicemleme yapıldı ve zigzag tarama ile görüntü 1 boyutlu hale getirildi. Daha önce önerilen yöntemden farklı olarak veri dizisi iki parçaya ayrıldı. İlk gruptaki veriler (Şekil 6) geniş bir aralıkta değişmektedir. 2. gruptaki veriler (Şekil 8) %60 oranında sıfır değerine sahip olduğundan Huffman kodlamasında büyük sıkıştırma oranı elde edilmektedir.

Yapılan deney iki kısımdan oluşmaktadır. 1. deneyde Nacer ve ark. tarafından önerilen algoritma[1] kullanıldı. 2. deneyde ise detayları yukarıda verilen algoritma test edildi. Sinyal/gürültü oranı (PSNR) 27dB olan sıkıştırma için 1. algoritma 0.068 bpp(bit per pixel), 2. algoritma 0.063 bpp sıkıştırma sağladı. Ayrıca 1. algoritma için 5.8 saniye süren işlem, 2. algoritma için 4.3 saniyede tamamlandı. Elde edilen diğer deneysel sonuçlar karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de sunulmuştur. Nacer ve ark.[1] 27 dB sinyal/gürültü oranı için JPEG algoritmasının 0.15 bpp sıkıştırma sağladığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada önerilen yöntem ile elde edilen sıkıştırılmış resim ile işlenmemiş resim arasındaki fark ve logaritması Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 10'da 0.063 bpp ve 27dB'lik sinyal/gürültü oranı için elde edilen resim görülmektedir.

1-boyutlu GAKD terimleri 2 gruba ayrılırken seçilen ayrılma noktasının etkisi Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14'de verilmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek sıkıştırma oranı ve hız artışı, iki resim için de, 2. gruptaki terimlerin sıfır olanlarının %60'a yakın olduğunda sağlanmaktadır. Bundan dolayı ayrılma noktasının iyi seçilmesi yöntemin başarılı çalışması için önemlidir. Bu noktanın bulunması için otomatik bir yöntem geliştirildi; zigzag taranmış GAKD terimleri sondan başlanarak başa doğru belirli bir adımla tarandı. Her adımda sıfır terimlerinin tüm terimlere oranı hesaplandı. Hesaplanan bu terim % 60 olduğu nokta ayrılma noktası olarak belirlendi. Noktanın bulunması için büyük adımlar (örneğin bu çalışmada 100) kullanıldığından, yöntem için önemli bir hesap yükü oluşturmamaktadır.

Tablo 1 Lena ve Boat resimleri üzerinde elde edilen deneysel sonuçlar

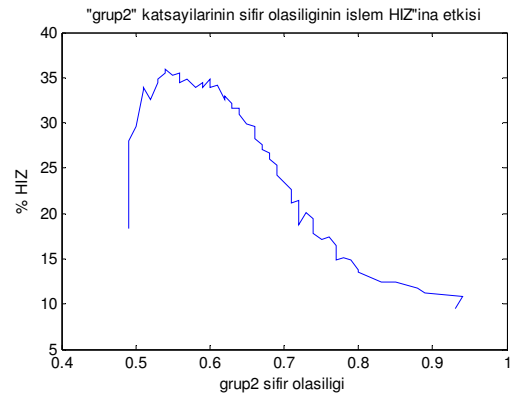
Resim	PSNR	GAKD	İyileştirilmiş GAKD	İyileşme
Lena (512x 512)	30 dB	0.212 bpp	0.200 bpp	%6.0 (sıkıştırma)
		13.4 sn	7.7 sn	%43.1 (hız)
	29 dB	0.144bpp	0.134 bpp	%7.4 (sıkıştırma)
		10.2 sn	6.0 sn	%40.9 (hız)
	28 dB	0.109bpp	0.102 bpp	%7.1 (sıkıştırma)
		7.5 sn	5.1 sn	%32.6 (hız)
	27 dB	0.068 bpp	0.063 bpp	%7.2 (sıkıştırma)
		5.8 sn	4.3 sn	%25 (hız)
Boat (512x 512)	26 dB	0.191bpp	0.176 bpp	%8.4 (sıkıştırma)
		15.3 sn	7.5 sn	%51.0 (hız)
	27 dB	0.246bpp	0.227 bpp	%7.5 (sıkıştırma)
		17.7 sn	8.6 sn	%51.2 (hız)



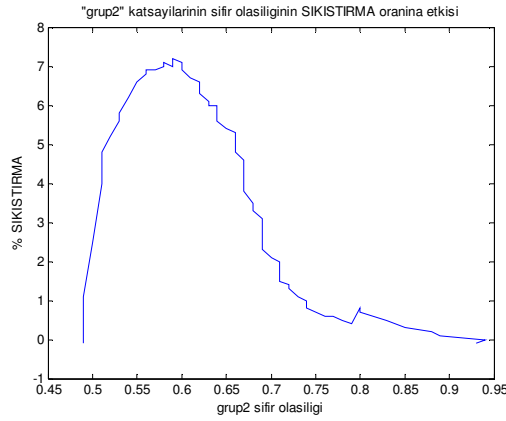
Şekil 9 Sıkıştırılmış ve orijinal resim arasındaki fark a) tam skala b) logaritması alındıktan sonra 0-255 arasına skala edilerek gösterilmesi



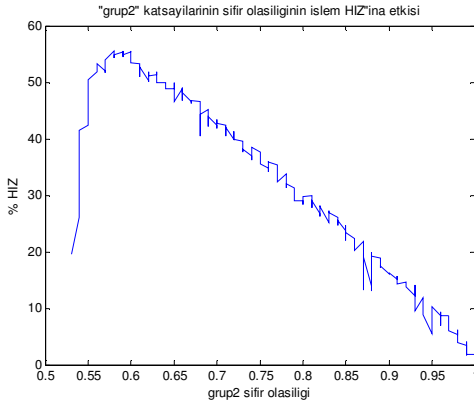
Şekil 10 GAKD yöntemi; PSNR=27dB, 0.063 bpp



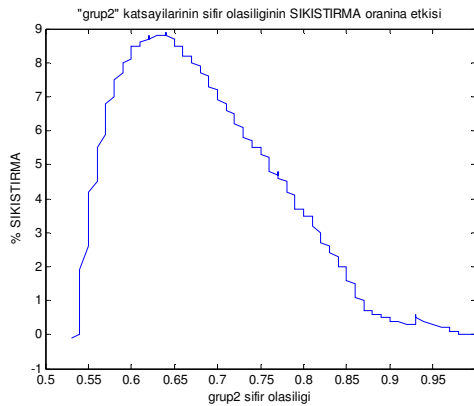
Şekil 11 "Lena" resmi için 2. gruptaki terimlerin sıfır sıklığının işlem hızına etkisi



Şekil 12 “Lena” resmi için 2. gruptaki terimlerin sıfır sıklığının sıkıştırma oranına etkisi



Şekil 13 “Boat” resmi için 2. gruptaki terimlerin sıfır sıklığının işlem hızına etkisi



Şekil 14 “Boat” resmi için 2. gruptaki terimlerin sıfır sıklığının sıkıştırma oranına etkisi

5. Sonuçlar

Bu çalışmada kayıplı ve kayıpsız sıkıştırmaı birlikte kullanarak optimum sıkıştırma ve sinyal/gürültü oranı sunan GAKD'nin başarısını arttırmak için yeni bir yöntem sunuldu. Önerilen yöntem farklı iki resim üzerinde, değişik sinyal/gürültü oranları için test edildi. Sonuçlar incelendiğinde, önerilen yöntemin, önceden önerilen algoritmaya, işlem karmaşası ekmeden, hem sıkıştırma oranını arttırdığı, hem de işlem süresini azalttığı görüldü.

Zigzag taranmış AC GAKD terimleri gruplara ayrılırken doğru noktanın seçilmesi yöntemin başarısı için oldukça önemli olduğundan, bu noktanın bulunması için otomatik bir yöntem de sunuldu.

Kaynaklar:

[1] Nacer F-Z.N., Zergaiizoh A., Merigot A., “Global Discrete Cosine Transform For Image Compression”, *International Symposium on Signal Processing and its Applications (ISSPA)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 13 - 16 August, **2001**

[2] Marpe D., Wiegand T., Gordon S., “H.264/MPEG4-AVC Fidelity Range Extensions: Tools, Profiles, Performance, and Application Areas”, *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2005)*, 593 – 596, **Sept. 2005**

[3] Abdelhalim M. B., Salama A. E., “Implementation Of 3D-DCT Based Video Encoder/decoder System”, *International Symposium on Signals, Circuits and Systems (SCS 2003)*, 389 - 392, **July 2003**

[4] Wallace, G.K., “The JPEG still picture compression standard”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 38, xviii – xxxiv, **Feb. 1992**

[5] Lakhani, G., “Optimal Huffman coding of DCT blocks”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 522 – 527, **April 2004**

[6] Chen W. H. and Pratt W., “Sense adaptive coder,” *IEEE Trans. Comm.*, 225–231, **1984**

[7] Pan Z., Bolouri H., “High Speed Face Recognition Based on Discrete Cosine

Transforms and Neural Networks”,
University of Hertfordshire, **1999**

[8] Zhengjun P. Rust, A.G.; Bolouri, H,
“Image redundancy reduction for neural
network classification using discrete
cosine transforms”, *Proceedings of the
IEEE-INNS-ENNS International Joint
Conference*, 3(3):149-154, **2000**

[9] Ross J.C., “The Image Processing
Handbook”, **2002**