

## DALGACIK TABANLI GÖRÜNTÜ SIKIŞTIRMA TEKNİĞİ

**Emre AKSAN**  
Boğaziçi Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Makina Mühendisliği A.B.D.  
Bebek / İSTANBUL

**Süreyya DOĞAN**  
Jandarma Genel Komutanlığı  
Bakanlıklar / ANKARA  
sureyya\_dogan@yahoo.com

**ÖZET:** Teknolojinin gelişmesiyle birlikte sıkıştırılmamış bir görüntünün saklanması veya transferi zorluk derecesini yitirmemiştir. Görüntünün kodlanması ve sıkıştırılması konusunda ilk andan itibaren çalışmalar halen devam etmektedir. Yapılan çalışmalar hep daha fazla sıkıştırma oranı ve daha iyi görüntü kalitesini yakalamak içindir. Bu çalışmada, dalgacık tabanlı sıkıştırma tekniğinin genel yapısı ve gelecekteki yeri üzerinde durulmuştur. Mevcut sistemlerde en çok kullanılan sıkıştırma tekniği Ayrık Kosinüs Dönüşümü (DCT) tabanlı sıkıştırma teknikleridir. Ancak dalgacık tabanlı sıkıştırma tekniğinin DCT tabanlı sıkıştırma tekniğine göre avantajları göz önünde bulundurulduğunda, ileride dalgacık tabanlı sıkıştırmanın çok daha popüler olacağı değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü sıkıştırma, Dalgacık dönüşümü, Dalgacık tabanlı sıkıştırma.

### WAVELET BASED IMAGE COMPRESSION TECHNIQUE

**ABSTRACT:** Despite rapid progress in mass-storage density, processor speeds, and digital communication system performance, demand for data storage capacity and data transmission bandwidth continues to outstrip the capabilities of available technologies. Studies on image coding and compression techniques are still going on. The goal is to get the higher compression ratios with minimum loss of quality.

**Keywords :** Image compression, Wavelet transformation, Wavelet based image compression..

#### 1. Giriş

Çoklu ortam; iletim, saklama, erişim ve içerik oluşturma amacıyla düz yazı, görüntü, grafik, konuşma, ses, video, animasyon gibi bilgilerden iki veya daha fazlasının entegrasyonudur. Çoklu ortam deneyimi; bilgisayar, haberleşme ve enformasyon bilimlerinin birbirlerine yaklaşmasını ifade eder. Kullanıcıların çoklu ortam devriminden en iyi deneyimi ve en fazla faydayı sağlaması için; kusursuz altyapı ve kusursuz erişim, görüntüleme, saklama, iletim ve işleme kabiliyetlerini sağlamak üzere birçok etkenlerin bir araya gelmesi gerekir. Yeterli olmamasına rağmen yakalama, görüntüleme, saklama, sıkıştırma kabiliyetleri ve farklı türden çoklu ortam bilgileri ilginç ve yararlı çoklu ortam uygulamalarının oluşturulması için gereklidir. Bu çalışmada ele alınan görüntü sıkıştırma konusu çoklu ortam teknolojisinin anahtarlarından biridir.

Sayısal haberleşme sistemlerinin performansları, işlemci hızları ve bellek yoğunluğunun süratli gelişmesine rağmen, bilgi saklama kapasitesi ve bilgi transfer bandgenişliği ihtiyacı, mevcut teknolojilerin kabiliyetlerinin önünde olmaya devam etmektedir.

Sayısal ses, görüntü ve video uygulamaları arttıkça kodlama tekniklerinden fazla sıkıştırma tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Sıkıştırılmamış bir görüntü, video, grafik veya ses günümüz teknolojisinde bile oldukça fazla saklama kapasitesi gerektirir. Haberleşme alanında da aynı sorun geçerlidir.

Sıkıştırılmamış bir bilginin sayısal şebekeler üzerinden aktarılması çok büyük bandgenişliği ihtiyacını doğurmaktadır. Bu durumu daha iyi anlamak için farklı türdeki sinyallerin sıkıştırılmadan önceki boyutlarını görerek bu bilgilerin bir araya gelmesiyle birlikte saklama probleminin nasıl ortaya çıktığını gözlemlemekte yarar vardır.

**Çizelge 1.** Sıkıştırılmamış çoklu ortam veri türleri ve ihtiyaç duyulan saklama alanları

Multimedya Bilgisi	Boyut / Süre	Bits/Piksel veya Bits/Sample	Sıkıştırılmamış Boyut (B=bytes)	İletim Band Genişliği (b=bits)
Bir sayfa yazı	11"x 8.5"	Değişir çözünürlük	4-8 KB	32-64 Kb/page
Telefon konuşması	10 sn.	8 bps	80 KB	64 Kb/sec
Gri tonlu görüntü	512 x 512	8 bpp	262 KB	2.1 Mb/image
Renkli görüntü	512 x 512	24 bpp	786 KB	6.29 Mb/image
Medikal görüntü	2048 x 1680	12 bpp	5.16 MB	41.3 Mb/image
SHD görüntüsü	2048 x 2048	24 bpp	12.58 MB	100 Mb/image
Hareketli video	640 x 480, 10 sn, 30 fr/sec.	24 bpp	1.66 GB	221 Mb/sec.

Çizelge1'deki veriler; görüntü, ses ve video işaretleri için çok büyük alanlara ihtiyaç duyulduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Saklamak için yeterli alan olsa bile fazla sayıda görüntünün aktarılması veya videonun gerçek zamanlı gösterilmesi, transfer hızının düşük ve bandgenişliğinin yetersiz olması sebebiyle mümkün değildir. Bunun için tek çözüm sıkıştırma'dır. Bilgilerin saklanmadan ve gönderilmeden önce sıkıştırılması ve alıcıda tekrar açılarak orijinal bilginin elde edilmesi gerekir. Resmin kodlanması genellikle durağan görüntülerin geniş bir bölümünün sıkıştırma ve kodlanmasını içerir. Bunlar faks görüntüleri, fotoğraflar, medikal görüntüler ile düz yazı, fotoğraf, grafik, el yazısı gibi bilgilerin birleşimi ile oluşan belgeleri içeren görüntüleri kapsar. Görüntü kodlamasına ihtiyaç olan birçok çoklu ortam uygulamaları bulunmaktadır.

Şimdiye kadar sıkıştırmanın ana sebeplerinin, aktarmanın hızlandırılması ve saklama alanlarının daraltılması olarak iki tane olduğuna dikkat çekildi. Ancak sıkıştırmanın bazı alt hedefleri de mevcuttur. Bunlar;

- İşlemci ve bellek kullanımının minimuma indirilmesi,
- Aktarma hatalarının etkilerinin azaltılması,
- Sıkıştırılmış versiyonun yazılım ve işlenmesinin desteklenmesi,
- Devam eden görüntü transferinin desteklenmesi.

Sayısal görüntünün boyut yönünden yoğunluğunun fazla olması sebebiyle, bu fazla boyutunun küçültülerek daha kullanılışlı hale dönüştürülmesi

gerekir. Sıkıştırma derecesi resmin kullanışlılık maksadına ve içeriğine göre farklılık gösterir. En fazla karşılaşılan resim türleri; doğal, doküman, grafiksel ve bunların karışımında meydana gelen resimlerdir.

Görüntü sıkıştırma'da yapılan temel işlem içerisindeki gereksiz ve ihtiyaç duyulmayan bilgilerin ortadan kaldırılmasıdır. O halde sıkıştırmanın bu fazlalıklar sebebiyle mümkün olabileceği söylenebilir.

## 2. Gereksiz ve İhtiyaç Dışı Bilgiler

Görüntü dosyalarının yapısı gereği içerisinde ihtiyaç dışı ve gereksiz bilgi bulunur. Bu bilgilerin boyutunun çok büyük olması sebebiyle aktarma ve saklama problemi belirir. Sıkıştırma esnasında bu fazlalıklar atılırken orijinal bilgidan çok fazla uzaklaşmamaya özen gösterilir. O halde bu fazlalıkların nereden kaynaklandığını inceleyelim.

- **Uzaysal fazlalık** : Komşu pikseller arasındaki ilişkidir. Çoğu görüntülerde yan yana pikseller arasında keskin geçiş yoktur. Sıkıştırma yapmadan evvel, birbiriyle ilişkili pikseller (özellikle yan yana olanlar) tespit edilir.

- **Spektral fazlalık** : Farklı renk bileşenlerinin birbirleriyle olan ilişkileridir. Renk bileşenleri farklı bile olsa çoğunlukla birbirleriyle ilişkilidir.

- **Anlık fazlalık** : Video için birbirini takip eden çerçeveler arasındaki ilişkidir. Birbirini takip eden çerçeveler arasında çok büyük fark yoktur. Sadece hareket eden bölüm kadar fark vardır ve diğer bölümler hemen hemen aynıdır. Sıkıştırma işlemi

içerisinde bu aynı bölümler fazlalık olarak değerlendirilir.

- **Algılanabilen fazlalık** : İnsanın görme sistemi her şeyi eşit olarak algılamaz. Uzaysal, spektral ve anlık kısıtlamalara bağlı kalarak görüntüde bazı gereksiz bilgiler atılabilir. İnsan gözü bu küçük değişimi algılamayacaktır.

Bir görüntü içerisindeki gereğinden fazla ve önemsiz bilgiler, piksellerin birbirleriyle olan bağlantısıyla doğru orantılıdır. Dolayısıyla bu fazla ve gereksiz bilgiler ne kadar fazla olursa sıkıştırma oranı da o kadar fazla olacaktır.

### 3. Sıkıştırma Metotları

Sıkıştırmanın sınıflandırılması bazı bilim adamlarına göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak kayıplı ve kayıpsız sıkıştırma teknikleri olarak ikiye ayrılmıştır.

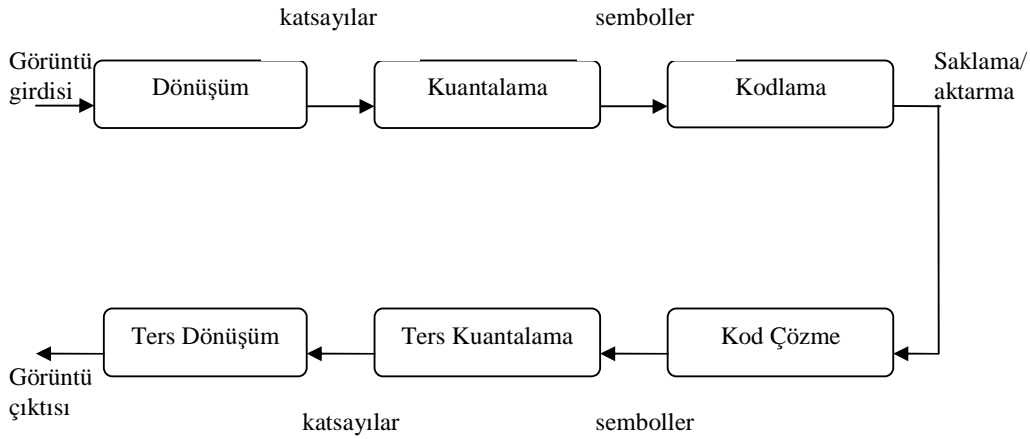
#### **Kayıpsız Teknikler (Redundancy Reduction)**

- Huffman Kodlaması
- Aritmetik Kodlama
- Dictionary Tabanlı Kodlama (LZ77, LZ78, LZW)
- Koşu Uzunluğu Kodlaması (RLE)

#### **Kayıplı Teknikler (Entropy Reduction)**

- Skalar Kuantalama (PCM)
- Öngörülü Kodlama (DPCM, Delta Modülasyonu)
- Vektör Kuantalama (VQ)
- Dönüşüm Kodlaması (DCT, WT)
- Altband Kodlaması
- Kesirsel (Fraktal) Kodlama (IFS ve PIFS)

Durağan ve hareketli görüntüler için şu an en çok kullanılan yöntem, Ayrık Kosinüs Transformü (DCT) tabanlı sıkıştırma kullanan MPEG ve JPEG formatlarıdır. Dönüşüm tabanlı sıkıştırmanın temel yapısı aşağıdaki gibidir:



Şekil 1. Dönüşüm tabanlı sıkıştırmanın genel yapısı

### 4. Dalgacık Tabanlı Sıkıştırma

Dönüşüm kodlamasında görüntü, bulunduğu boyuttan daha farklı bir boyuta aktarılır ve orada katsayılar kodlanır. Dönüşüm kodlaması sırasında görüntü elemanları arasında bulunan korelasyon azaltılmış olur. Korelasyon azaldığı zaman fazla bilginin devamlı kodlanmasına gerek kalmaz. Dönüşüm kodlamasının getireceği diğer bir avantaj ise görüntü enerjisinin büyük bir bölümünü daha küçük bir alana toplamasıdır. Bu özelliğe dayanarak bütün katsayılar kullanılmadan kodlama yapılır.

DCT tabanlı sıkıştırma tekniğinde, görüntü önce bloklara ayrılır. Genellikle 8x8'lik olan bu bloklar oluşturulduktan sonra dönüşüm uygulanır

ve kodlanır. Düşük sıkıştırma oranlarda iyi sonuç alınmasına rağmen, bu oran 1:50 civarında ve daha fazla olduğu durumlarda bloklar arası geçiş tam olarak sağlanmadığından yeniden oluşturulan görüntüde bloklar açık şekilde belli olur.

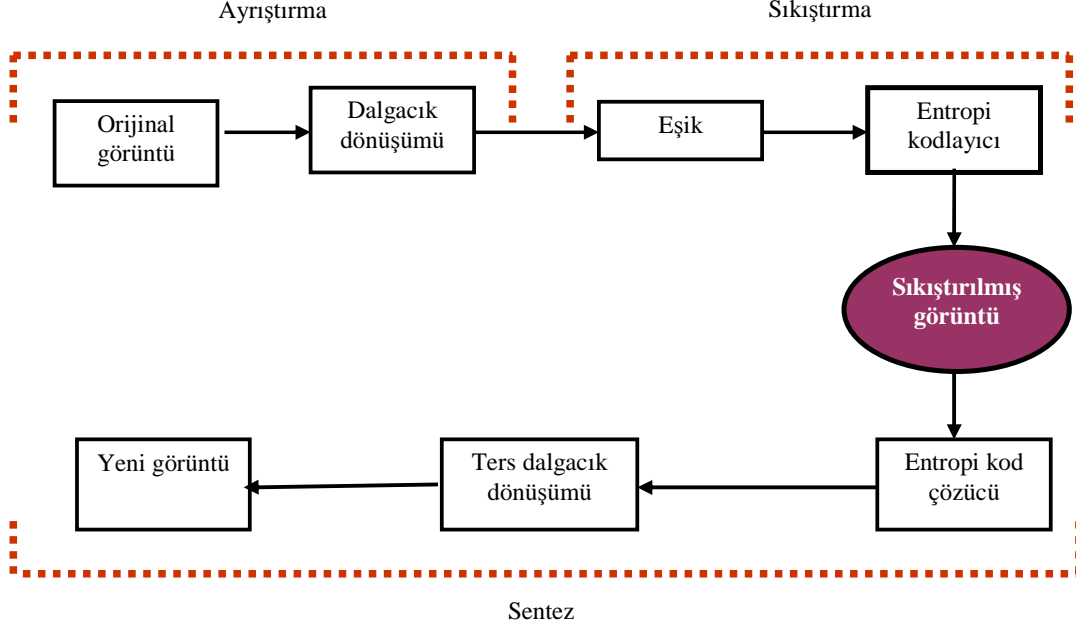
Dalgacık tabanlı kodlamada ise görüntünün Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT) alınarak kodlama yapılır. Dalgacık tabanlı sıkıştırmanın en önemli avantajı, yüksek sıkıştırma oranları elde edilmesidir. Böylelikle saklama alanı veya transfer band genişliği yönünden oldukça avantaj sağlanmış olur. Dalgacık tabanlı sıkıştırmanın diğer avantajları şunlardır.

1. Yüksek sıkıştırmalarda bloklama etkisi yoktur.

2. Aktarma ve kodlama hatalarına karşı duyarlı olduğu gibi aktarmayı da kolaylaştırır.
3. İnsanın görsel algılama sistemine daha fazla uyumluluk gösterir.
4. Dönüşüm esnasında, görüntü işaretine değişik ölçekte defalarca dalgacıklar uygulandığı için yüksek sıkıştırma oranları elde edilebilir.

5. Dalgacık dönüşümü, sıkıştırmadan önce etkili ayırıştırma sağlar.
6. Dalgacık tabanlı sıkıştırma sistemi, görüntünün keskinleştirilmesi için parametrik kazanç kontrolü sağlar.
7. Düşük bit hızlarında mükemmel çalışır.

Dalgacık tabanlı sıkıştırmanın temel yapısı şekil 2'de belirtilmektedir:



Şekil 2. Dalgacık tabanlı sıkıştırmanın yapısı

Şekil 2'den de anlaşılacağı gibi görüntünün dalgacık dönüşümünün alınması, o görüntünün değişik çözünürlüğe ayrılarak dalgacık katsayılarının belirlenmesi ile olur. Kodlamanın bu yapısı ayırıştırma anlamına gelir. Resmin iki boyutlu dalgacık fonksiyonları adı verilen alçak ve yüksek geçiren filtrelerden geçirilerek yaklaşıklık ve detay katsayılarının elde edilmesi işlemi, ayırıştırma işlemidir.

Birimsel görüntü dönüşümleri ile, iki boyutlu ölçek fonksiyonunun ayrıştırılabilir olduğu bir durum göz önünde bulundurulsun. Bu  $\phi(x)$ , in tek boyutlu bir ölçek fonksiyon olduğu yerde;

$$\phi(x, y) = \phi(x)\phi(y)$$

şeklinde ifade edilir. Eğer  $\psi(x)$ , eş dalgacığı ise, sonrasında üç adet iki boyutlu temel dalgacıklar

$$\psi^1(x, y) = \phi(x)\psi(y) \quad \psi^2(x, y) = \psi(x)\phi(y)$$

iki boyutlu dalgacıkların temel yapısını oluştururlar.

Fonksiyonlar kümesi  $L^2(\mathbb{R}^2)$  için bir dikey temeldir.

$$\{\psi^l_{j,m,n}(x, y)\}_l = \{2^j \psi^l(x - 2^j m, y - 2^j n)\}$$

$$j \geq 0 \quad l = 1, 2, 3$$

Örneğin  $N_1 \times N_2$  boyutlarında bir görüntü üzerinde çalışıldığı düşünölsün. Görüntünün gerçek ölçeği  $j=0$  olduğu durumlardır. Yani  $2^j = 2^0 = 1$  sonucu gerçek ölçeği ifade eder.  $j$ 'nin her bir büyük tamsayı değeri ölçeği iki katına çıkarır ve görüntünün boyutlarını yarıya düşürür. Bazı çalışmalarda  $j$  değeri ölçekten daha çok yoğunluğu indekslemek için kullanılır. Görüntü iki boyutlu dalgacıkların süreleri içinde genişletilebilir. Dönüşümün her aşamasında, görüntü dört parçaya ayrılır. Dört görüntüden her biri dalgacık temel görüntülerinden biri ile iç çarpımları kullanılarak oluşturulur.  $j=1$  olarak, ilk aşamada;

$$\psi^3(x, y) = \psi(x)\psi(y)$$

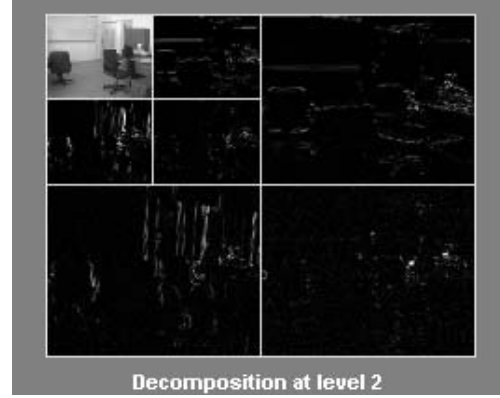
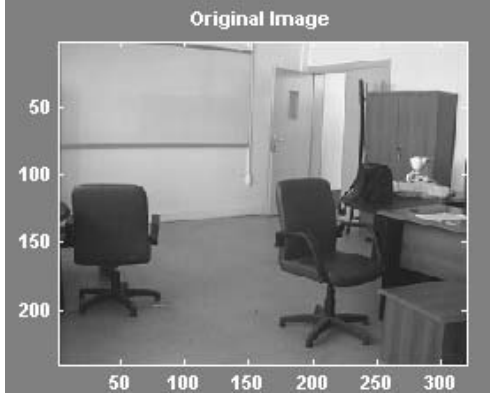
$$f_2^0(m, n) = \langle f_1(x, y), \phi(x - 2m, y - 2n) \rangle$$

$$f_2^1(m, n) = \langle f_1(x, y), \psi^1(x - 2m, y - 2n) \rangle$$

$$f_2^2(m, n) = \langle f_1(x, y), \psi^2(x - 2m, y - 2n) \rangle$$

$$f_2^3(m, n) = \langle f_1(x, y), \psi^3(x - 2m, y - 2n) \rangle$$

Diğer aşamalar için  $j > 1$  için,  $f_2^j(x, y)$  tamamıyla aynı yollar kullanılarak  $2^{j+1}$  ölçekte, dört daha küçük görüntüye bölünecektir



Şekil 3. görüntünün 2 seviyeli ayrıştırması

Yaklaşıklık katsayıları orijinal görüntünün yaklaşık bir ifadesini, detay katsayıları ise görüntünün detaylarını verir. Sıkıştırma için detay katsayılarından bir kısmı elimine edilir. Detay katsayılarının tamamını sıfırlayarak da sıkıştırma yapılabilir. Böyle olduğu takdirde, görüntüdeki detaylar yok edilmiş olacak ve sadece görüntünün kaba olarak yeniden oluşturulması gerçekleşir. Bu durum çoğunlukla istenilen bir durum değildir. Çünkü sıkıştırma uğruna görüntüdeki asıl aktarılmak istenen bilgi yok olacaktır. Belirlenen eşik seviyesine göre sıkıştırma uygulandığı zaman, istenilen oranda ve kalitede sıkıştırma gerçekleştirilmiş olacaktır.

Bundan sonra yapılacak işlem, kalan katsayıların kuantalanması ve kodlanmasıdır. Kuantalama da kayıplı bir kodlama tekniğidir. En çok kullanılan kuantalama teknikleri Skalar ve Vektör Kuantalama teknikleridir. Kuantalama sonucunda elde edilen değerler yeniden kodlandığında görüntünün boyutu tamamen istenilen seviyeye gelecektir. Bu son kodlama entropi kodlama olarak adlandırılır ve en yaygın olanları Huffman, Aritmetik ve Koşu Yolu Uzunluğu (Run Length Encoding) kodlama teknikleridir.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Görüntünün sıkıştırılması ihtiyacı hissedildikten sonra konuyla ilgili bir çok teoriler geliştirilmiştir. Özellikle son yıllarda farklı ihtiyaçlara göre farklı görüntü sıkıştırma standartları geliştirilmiştir.

Dalgacık tabanlı sıkıştırma gerçekleştirilinceye kadar bu yöntemler çok popülerdi. Özellikle DCT tabanlı durağan görüntüler için JPEG, hareketli görüntüler için de MPEG formatları oldukça tatminkar olarak günümüze kadar popülaritesini sürdürmüştür. Bu formatlardan farklı olarak başka sıkıştırma teknikleri de kullanılmasına rağmen en iyi sonucu veremezler. Ancak dalgacık tabanlı sıkıştırma yaygınlaştıktan sonra DCT tabanlı sıkıştırma tekniklerinin popülaritesinin azalacağı değerlendirilmektedir.

Dalgacık tabanlı sıkıştırma ile JPEG ve MPEG sıkıştırma tekniklerini karşılaştırmakta fayda vardır. JPEG ve MPEG, DCT tabanlı sıkıştırma teknikleridir. DCT tabanlı sıkıştırmada görüntü önce bloklara ayrılıp (genellikle 8x8'lik) daha sonra DCT uygulandığı için özellikle yüksek sıkıştırma oranlarında bloklar arası geçiş keskindir ve gözle fark edilir. Özellikle 1:30'dan yüksek oranlarda sıkıştırmış ve yeniden oluşturulmuş görüntülerde bloklar belli olur. Blokların etkisi şekil4'de verilen örnekle gösterilmiştir.



Şekil 4. (a) DWT ile sıkıştırılmış resim (b) DCT ile sıkıştırılmış resim

Böylelikle düşük sıkıştırma oranlarında DCT tabanlı sıkıştırmalar uygun diyebiliriz. Ancak dalgacık tabanlı sıkıştırmada sıkıştırma oranının 1:300'e kadar yükseltilebildiği düşünülürse ve görüntü kalitesi ile sıkıştırma oranları göz önünde bulundurulduğunda dalgacık tabanlı sıkıştırmanın DCT tabanlı sıkıştırmaya üstünlüğü görülebilir. Dalgacık tabanlı sıkıştırmanın tek dezavantajı yüksek kapasiteli cihazlar gerektirmesidir.

İleride DCT tabanlı sıkıştırmanın yerini dalgacık tabanlı sıkıştırmanın alacağı aşikardır. JPEG'in yeni versiyonu olan JPEG2000'de dalgacık tabanlı sıkıştırma kullanılması da bunu açıkça belli etmektedir. Ancak mevcut bilgisayar sistemleri dalgacık tabanlı sıkıştırmayı henüz desteklememektedir.

Sonuç olarak özellikle askeri alanda görüntünün saklanması ve aktarılmasında dalgacık tabanlı sıkıştırma tekniğinin büyük avantaj sağlayacağı değerlendirilmektedir. Görüntüyü fazla bozmadan yüksek sıkıştırma oranı sağlanması ve şifrelenabilir olması sebebiyle diğer sıkıştırma tekniklerinden önde gelen bu tekniğin yaygın olabilmesi için gerekli yüksek kapasiteli cihazların tedarik edilmesi gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR :

- [1] Mallat, S. 1989, "A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation," IEEE Pattern Anal. and Machine Intell., vol. 11, no. 7, pp. 674-693.
- [2] Taubman, D.S. ve Marcelin, M.W. 2002. JPEG2000 Image compression fundamentals, standards and practice. Kluwer Academic Publishers, 3-8, 56, 82, 257, USA.

- [3] Sayood, K. 1996. Introduction to data compression. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1-137, 167-175, 285-323, San Francisco.

- [4] Gonzales, R.C. ve Woods, R.E. 1993. Digital image processing. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 307-394, USA.

- [5] Lim, J.S. 1990. Signal and image processing. Prentice-Hall, Inc.,

- [6] Stevens, A. 1991. CUA and data compression. Dr. Dobb's Journal No:173, 135-142,

- [7] Jain, A.K. Fundamentals of digital image processing. Prentice-Hall,

- [8] Uzunoğlu, M. ve Onar, Ö.Ç. 2002. Kolay anlatımı ile ileri düzeyde matlab 6.0-6.5. Türkmen Kitabevi, v-vii. Bölümler, İstanbul

- [9] Ryan, T.W., Sanders, L.D., Fisher, H.D. ve Iverson, A.E. January 1996. Image Compression by Texture Modelling in the Wavelet Domain. IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 5, No:1, 26-36.

**ÖZGEÇMİŐ :**

**J.Mu.Yzb. Süreyya DOĞAN**

1971 yılında Konya’da doğdu. İlköğrenimini Elazığ ve Osmaniye’de tamamladı. 1985 yılında Maltepe Askeri Lisesi’ni kazandı. 4 yıllık askeri lise eğitimini müteakip 1989 yılında mezun olarak Kara Harp Okulu (ANKARA)’nda lisans eğitimine başladı. Kara Harp Okulu Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında 4 yıllık eğitimin sonunda 1993 yılında jandarma muhabere teğmen olarak mezun oldu ve MEBS Okulu ve Eğitim Merkez Komutanlığı (ANKARA)’na kursiyer teğmen olarak atandı.

1994 – 2001 yılları arasında Jandarma Genel Komutanlığı’na bağlı muhtelif birliklerde Takım ve Bölük Komutanı olarak görevlerde bulundu. 1996 yılında Hava Lisan Okulu (İZMİR)’nda 6 aylık İngilizce tekamül kursuna iŐtirak etti. 2001- 2003 yıllarında ise Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsünde Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.