

# JPEG2000 STANDARININ YENİ ÖZELLİKLERİNİ DESTEKLEYEN BİR GÖRÜNTÜ İŞLEME UYGULAMASI GELİŞTİRİLMESİ

**Evgin GÖÇERİ, A. Kadir YALDIR**

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 20070/Denizli

Geliş Tarihi : 02.02.2007

## ÖZET

Çoklu ortam teknolojilerindeki gelişmeler, görüntü işleme ve sıkıştırmanın da önemini artırmıştır. Kayıplı ve kayıpsız sıkıştırma yöntemleri kullanılarak görüntü kalitesini kabul edilemeyecek seviyeye düşürmeden boyutu küçültülen görüntüler bellekte daha az yer kaplarlar. Böylece internet veya mobil araçlar üzerinden daha kısa sürede gönderilip alınabilirler. Dalgacık tabanlı bir görüntü sıkıştırma standardı olan JPEG2000, Joint Photographic Expert Group (JPEG) komitesi tarafından daha önceki JPEG standardının yerini alması amacı ile oluşturulmuştur. Bazı ek parçalarının geliştirilmesi halen sürmektedir. Bu çalışmada Visual C# 2005 ile, kenar belirleme ve gürültü azaltma gibi önemli görüntü işleme tekniklerini destekleyen bir yazılım aracı geliştirilmiştir. Uygulamanın önemli bir özelliği, JPEG2000 standardı da dahil olmak üzere birçok görüntü biçimini desteklemekte ve sadece iki boyutlu resimler değil aynı zamanda çok boyutlu görüntüler üzerinde de işlemler yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda, modern yazılım geliştirme platformlarının görüntü işleme destekleri de karşılaştırılmış ve geliştirilen yazılımın çeşitli özellikleri belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** JPEG2000, Sayısal filtreler, Görüntü sıkıştırma, Dalgacık dönüşümü, Görüntü işleme.

## DEVELOPING AN IMAGE PROCESSING APPLICATION THAT SUPPORTS NEW FEATURES OF JPEG2000 STANDARD

### ABSTRACT

In recent years, developing technologies in multimedia brought the importance of image processing and compression. Images that are reduced in size using lossless and lossy compression techniques without degrading the quality of the image to an unacceptable level take up much less space in memory. This enables them to be sent and received over the Internet or mobile devices in much shorter time. The wavelet-based image compression standard JPEG2000 has been created by the Joint Photographic Experts Group (JPEG) committee to superseding the former JPEG standard. Works on various additions to this standard are still under development. In this study, an Application has been developed in Visual C# 2005 which implies important image processing techniques such as edge detection and noise reduction. The important feature of this Application is to support JPEG2000 standard as well as supporting other image types, and the implementation does not only apply to two-dimensional images, but also to multi-dimensional images. Modern software development platforms that support image processing have also been compared and several features of the developed software have been identified.

**Key Words :** JPEG2000, Digital filters, Image compression, Wavelet transform, Image processing.

## 1. GİRİŞ

Yıllardır kullanılmakta olan JPEG veri tipi, teknoloji geliştikçe günümüzdeki ihtiyaçları karşılayamaz hale gelmiştir. Bugünün sayısal görüntüleme sadece kalite açısından değil aynı zamanda görüntünün büyüklüğü bakımından da tamamen isteğe bağlıdır ve oldukça önem taşımaktadır.

JPEG standardının geniş bir uygulama alanına sahip olması bazı karışıklıkları da beraberinde getirmiştir. Bu standart üzerinde bir takım iyileştirmeler yapılsa da köklü bir değişiklik yapılmadıkça ilerleme sağlanamayacağı anlaşılmıştır. Bu nedenle, Ricoh Innovations firması tarafından CREW algoritmasını, JPEG-LS içinde kullanmak üzere kabul edilmesinden sonra JPEG2000 çalışma grubu kurulmuş ve mevcut standardın hatalarını, eksikliklerini ortaya koyarak yeni bir standart geliştirilmeye başlanmıştır.

Geleceğin görüntü sıkıştırma standardı olarak kabul edilen JPEG2000, sayısal kameralardan gelişmiş ön-baskı, tıbbi görüntüleme ve diğer önemli sektörler kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

JPEG2000 dalgacık (wavelet) teknolojisine dayalı sıkıştırma tekniklerini kullanan bir çeşit görüntü kodlama tekniğine sahiptir. JPEG2000 ile çeşitli çözünürlükleri, kaliteleri, parçaları veya uzaysal bölgeleri sıkıştırılmış dosyaları açmadan görüntülemek mümkündür (Marcellin et al., 2000).

Geliştirilmekte olan JPEG2000 standardı, çeşitli özelliklerinden dolayı sayısal görüntüleme alanının gelecekte daha da önemli bir konusu olacağı kesindir. Bu uluslararası standart ile görüntü kodlama sistemi sadece etkinlik için değil, aynı zamanda ölçeklenebilirlik, bilgisayar ağlarındaki iletkenlik ve taşınabilir (mobil) araçlar için iyileştirilmiş görüntü sıkıştırma tekniklerindeki gelişmeleri de göstermektedir.

Sıkıştırılmış görüntülerin iletiminde gelişmiş hata yakalama ve hatalardan kurtulma tekniklerini de içeren JPEG2000 standardının kodlanmasında değişken uzunluktaki ikili aritmetik kodlayıcı (MQ coder) kullanılır (Pavlidis et al., 2002).

JPEG2000 yeni ve güçlü bir araç olmakla birlikte, şu ana kadar geliştirilmiş olan bölümleri ile bile, günümüzde sayısal görüntülemelerde Internet uygulamalarının önemli bir parçası haline gelmiştir (Web\_3, 2006).

Geliştirilme sürecindeki JPEG2000 standardı henüz yeterince yaygınlaşmadığından, kullanılan görüntü işleme araçları genelde bu veri tipini desteklememekte veya üzerinde işlemler yapıldığında görüntü kalitesinde bozulmalar gözlenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, bilinen görüntü tiplerinin yanı sıra JPEG2000 standardını da destekleyen ayrıca, kenar belirleme, görüntüdeki gürültü ve olumsuz etkileri azaltmak için kullanılan sayısal filtreleme işlemleri gibi önemli görüntü işleme tekniklerini de sağlayan, bir uygulama Visual C# 2005 programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

Bu makalede takip ettiğimiz yaklaşım şu şekildedir: Birinci bölümde konu ile ilgili giriş yapıldıktan sonra, ikinci bölümde standardın bölümleri üzerinde durulmaktadır. Üçüncü bölümde, JPEG2000 standardının kodlama (encoding) tekniği, en önemli özelliği olan dalgacık dönüşümü ile görüntü sıkıştırma aşaması ayrıntılı olmak üzere, diğer aşamaları da açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, standardın önemli özelliklerine değinilmekte ve günümüz modern yazılım geliştirme platformlarının görüntü işleme destekleri de karşılaştırılmakta, çeşitli görüntü işleme teknikleri ise beşinci bölümde açıklanmaktadır. Geliştirilen uygulama ve özelliklerine ise altıncı bölümde yer verilmekte ve son olarak çalışmadan elde edilen sonuçlar yedinci bölümde irdelenmektedir.

## 2. JPEG2000 STANDARTININ BÖLÜMLERİ

JPEG2000 standardı iptal edilen 7. bölümle birlikte toplam 12 bölümden oluşmaktadır (Web\_8, 2007):

1. Parça: Çekirdek Kodlama Sistemi
2. Parça: Uzantılar
3. Parça: Hareketli JPEG2000
4. Parça: Uyumluluk
5. Parça: Referans Yazılımı
6. Parça: Birleşik Görüntü Dosya Formatı
7. Parça: Bu bölüm iptal edilmiştir.
8. Parça: JPSEC (Güvenlikli JPEG2000)
9. Parça: JPIP (İnteraktif protokoller)
10. Parça: JP3D (Çok Boyutlu Görüntüleme)
11. Parça: JPWL (Kablosuz Uygulamalar)
12. Parça: ISO Tabanlı Dosya Biçimi

Birinci bölümü, uluslararası standart olarak yayınlanmış olup diğer beş bölüm (2. bölüm–6. bölüm) tamamlanmak üzere ve diğer dört yeni bölüm (8. bölüm–11. bölüm) ise geliştirilme aşamasındadır.

Çekirdek kodlama sistemi, JPEG2000'in birinci bölümü olup çekirdek yapısını tanımlar. Bu bölüm JPEG2000 kod dizini yapısını ve görüntülerin kodlanması için gerekli adımları içerir. Standardın diğer bölümleri ise dosya uzantıları ve diğer çeşitleri ile ilgilidir. Mevcut uygulamalarda sadece bu ilk bölüm kullanılmaktadır.

Uzantılar olarak adlandırılan ikinci bölüm, katsayı miktarlarını belirten değerleri ve dalgacık ayrıştırma formlarının daha esnek olması gibi özelliklerin yanında, JP2 tabanlı olan fakat katmanları hareketli görüntüleri ve genişletilmiş renk uzayını ve daha fazlasını destekleyen yeni bir dosya biçimi olan JPX tanımlamasını, fotoğraf görüntüleme için zengin veri kümesi (DIG35 özelliklerine dayalı) gibi özellikleri de içerir.

Standardın üçüncü bölümü hareketli JPEG2000 olarak bilinir. Özellikle sayısal kameralar ile çekilen video görüntülerin depolanması, yüksek kaliteli çerçeve tabanlı görüntü kaydetme ve güncelleme, sayısal sinemalarda, tıbbi ve uydu görüntüleme işlemlerinde etkili olacağı düşünülmektedir.

Uyumluluk olarak adlandırılan dördüncü bölümünde kod çözümlemede kullanılan üç sınıf tanımlanır. Çünkü kodlama yapan kişiler (encoders) kod çözümleme işleminde (decoding) bu standartta nelere gerek duyulduğunu bilmek için standardı incelemek isteyeceklerdir.

Beşinci bölüm, oluşturulacak olan yazılımın kullanımının kolaylaştırılmasını amaçlayan referans yazılımı bölümüdür.

Altıncı bölüm, belge görüntülemek için Karışık Raster İçerik (Mixed Raster Content) kullanan JPM dosya formatını tanımlamaktadır. JPM her sayfada çeşitli nesnelere sahip çok sayfalı belgeleri depolayabilir.

Yedinci bölümün geliştirilmesi iptal edilmiştir.

Sayısal ortamda yapılan çalışmalar kolaylıkla kopyalanabilmekte, yasal veya yasal olmayan yollardan görüntü üzerinde bir takım işlemler yapılabilmektedir. Bu nedenle görüntüleme uygulamalarında güvenlik önemli bir özelliktir. Görüntünün çeşitli bölümlerini güvenli hale getirmek için yapılan işlemleri içeren sekizinci bölüm JPSEC (Güvenlikli JPEG2000) olarak adlandırılmaktadır.

Dokuzuncu bölüm, JPIP (Etkileşimli araçlar, API'ler ve protokoller) olarak adlandırılan istemci/sunucu protokolüdür.

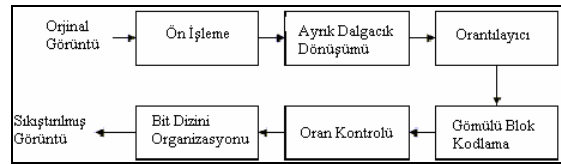
Geliştirilmesi planlanan onuncu bölüm ile üç boyutlu görüntülerin de kodlanmasına olanak sağlanması amaçlanmaktadır.

JPWL, on birinci bölüm olup, JPEG2000 görüntülerinin kablosuz ortamda hatalara karşı daha dayanıklı bir şekilde iletilmesini sağlamaya yöneliktir (Thomos et al., 2006).

Sonuncu olan onikinci bölümde ise ISO tabanlı dosya biçiminin desteklenmesi amaçlanmaktadır.

### 3. JPEG2000 STANDARDININ KODLAMA (ENCODING) TEKNİĞİ

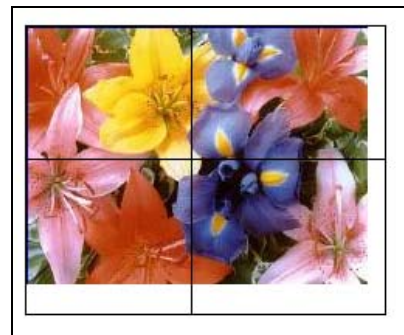
JPEG2000 standardı hem kayıpsız hem de kayıplı sıkıştırmaya olanak sağlar. JPEG2000 sıkıştırma standardı Şekil 1'de gösterilen aşamaları içermektedir (Gray, 2004).



Şekil 1. JPEG2000'in kodlama aşamaları.

#### 3. 1. Ön İşleme

Kodlayıcı için gerekli bellek miktarı, kodlanmış olan görüntünün boyutundan daha geniş olabilmektedir. Bu sorunu çözmek için JPEG2000, seçenekli kare parçalara ayırma (tiling) olanak sağlar. Kare parçalara ayırma işleminde girdi olarak kullanılan görüntü Şekil 2'deki gibi eşit parçalara ayrılmaktadır.



Şekil 2. Kare parçalara ayırma (Tiling).

Dalgacık dönüşümü, nicemleme, entropi kodlama gibi bütün kodlama işlemleri, bu görüntü parçaları üzerinde bağımsız olarak gerçekleştirilmekte ve böylece her parça bağımsız olarak sıkıştırılmaktadır.

### 3. 2. Dalgacık Dönüşümü

Görüntü işleme için frekans ortamında yapılan filtreleme Fourier Dönüşümü kullanılarak gerçekleştirilir. Fourier Dönüşümü bir görüntüyü sinus ve cosinus parçalarına ayırmak için kullanılan önemli bir görüntü işleme aracıdır.

Fourier açılımındaki en büyük dezavantaj sadece frekans verisinin olması fakat zaman bilgisini içermemesidir. Bu nedenle bir görüntüde gerek duyulan bütün frekanslar gösterilebilmekte fakat bu frekans değerlerinin ne zaman elde edildiği belirtilememektedir. Bu problemi çözmek için geçmiş yıllarda zaman ve frekans bilgisini aynı anda gösteren çeşitli çözümler üretilmiştir. Bu probleme bulunan en son çözüm ise dalgacık dönüşüm tekniğinin kullanılmasıdır.

Dalgacık, ayrıştırma (decomposition) tekniklerine dayanan sinyal işlemeden türetilmiştir. Dalgacık dönüşüm tekniğinin arkasındaki fikir sinyali çeşitli bölümlere ayırmak ve ayrı ayrı analiz etmektir. (Web\_2, 2006) Bir sinyalin bu şekilde analiz edilmesi ile o sinyaldeki frekansların ne zaman ve nerede oluştuğuna dair daha fazla bilgi alınabileceği açıktır. Dalgacık dönüşümü zaman ve frekans gösterimini destekler (Uytterhoeven, 1999).

Dalgacıklar, veri veya fonksiyonların gösteriminde kullanılan belirli matematiksel gereksinimleri karşılayan fonksiyonlardır. Bir sinyaldeki özelliklerin belirlenmesi için gerekli olan zaman ve frekans verilerini içermesi ve çoklu-çözünürlük analizine dayanması dalgacık kullanımının en önemli sebepleridir (Göçeri and Boyen, 2005).

Sürekli dalgacık dönüşümü, analiz için kullanılan ölçeğin değiştirilerek zamana bağlı olarak analiz penceresinin sinyal üzerinde kaydırılıp çarpma işleminin yapılması ve bu işlemler sonucunda elde edilen verilerin toplanması ile hesaplanır (Web\_1, 2006).

Görüntü sıkıştırma amaçlı kullanılan Ayrık Dalgacık Dönüşümünde ise, sinyali analiz etmek için farklı frekanslar kullanılır. Sinyal yüksek frekansı analiz etmek için bir dizi yüksek geçirgen filtreden geçirilir, daha sonra alçak frekansı incelemek için bir dizi alçak geçirgen filtreden geçirilir (David et al., 2002; Goceri and Boyen, 2005).

Görüntüler iki boyutlu veriler olduğu için görüntü sıkıştırma işleminde 2D (2 boyutlu) Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT) kullanılır. 2D Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile veri ilk önce satırların sonra da sütunların dönüşümü yapılabilecek şekilde ayrılır (David et al., 2002).

JPEG2000 standardında, dalgacık dönüşümü entropi kodlama işleminden önce bölümlere uygulanır. Dalgacık dönüşüm işleminin faydası, dönüştürülen verinin genellikle daha düşük entropi sergilemesi ve bundan dolayı daha çok sıkıştırılabilir olmasıdır. Özellikle, dalgacık dönüşümü, bir bölümü dört alt-bant olarak ayırdığı için kaynak modelleme her alt-bant için düşünülmektedir.

### 3. 3. Renk Dönüşümü

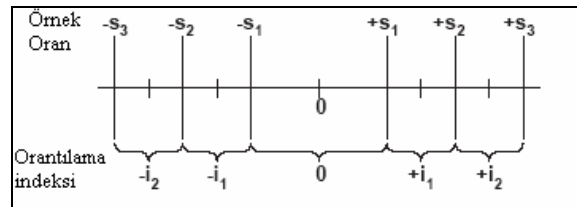
JPEG2000 sıkıştırma genellikle renkli görüntüleri sıkıştırmak için kullanılmaktadır. Renkli görüntüler genellikle RGB biçiminde olmaktadır. Fakat Y, Cr ve Cb renk değerleri R, G ve B renk değerlerine göre statik olarak birbirlerine daha az bağlı olması nedeniyle bağımsız olarak yapılan sıkıştırma daha etkili olmaktadır. Bu nedenle JPEG2000'de RGB değerlerinin YcrCb (Y:Luminance, Cr:Chrominance kırmızı, Cb:Chrominance mavi) değerlerine dönüştürülmesi yani renk dönüşüm işlemleri de gerçekleştirilmektedir (Adams and Kossentini, 2002).

### 3. 4. Nicemleme

Dalgacık katsayıları eşit aralıklı miktarlayıcılar kullanılarak orantılanır. Her alt-bant b için, basit bir nicemleme sabiti bütün katsayıları nicemlemek üzere aşağıdaki eşitliğe göre kullanılır (Skodras et al., 2001)

$$q = \text{sign}(y) \left\lfloor \frac{|y|}{\Delta_b} \right\rfloor \quad (1)$$

y miktarlayıcı için girdi, sign (y) ise y'nin işaretini ifade eder, b adım büyüklüğü ve q ise sonuç miktarlayıcı indeks değeridir. Ölü bölge, nicemleme oranının yaklaşık 0 yani 2b olduğu anlamına gelir. Bu ise daha fazla sıfırlı sonuç elde edilmesi demektir. Şekil 3'te nicemleme yapısı için bir örnek gösterilmektedir (Gray, 2004).



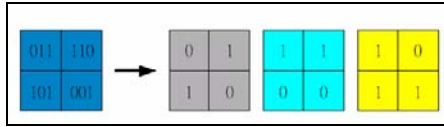
Şekil 3. Nicemleme yapısı.

### 3. 5. Gömülü Blok Kodlama

Her alt-bantta bulunan parça, kod bloğu adı verilen, daha küçük ve eşit boyutlardaki dörtgen parçalara

ayrılmaktadır. Bu kod bloklarının ikili aritmetik kodlama yöntemi ile birbirinden bağımsız olarak kodlanması yaklaşımı gömülü blok kodlama olarak bilinmektedir (Taubman, 1998; 2000).

Kod blokları Şekil 4’de gösterildiği gibi en çok baskın bit (most significant bit) düzleminden başlanarak en az baskın bit (least significant bit) düzlemine kadar kodlanır. (Örnek olarak verilen Şekil 4’te en çok baskın bit düzlemi olan MSB gri renk ile, en az baskın bit düzlemi olan LSB ise sarı renk ile gösterilmektedir); (Marcellin et al., 2000; Skodras et al., 2001).



Şekil 4. MSB düzleminden LSB düzlemine kod blokları.

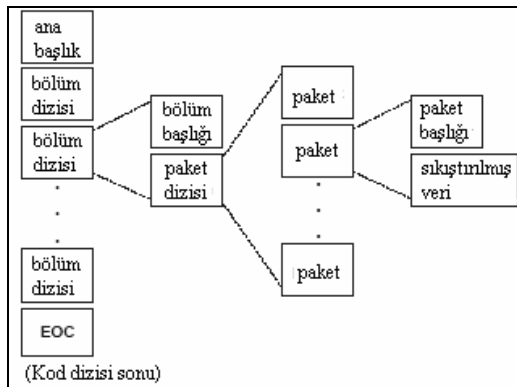
Tarama deseni (scan pattern) olarak adlandırılan bir özel kod blok, her kod bloktaki her bit düzlemi için üç kodlama geçişini (Significance Propagation Pass, Magnitude Refinement Pass, Clean-up Pass) yapmak amacıyla kullanılır.

### 3. 6. Oran Kontrolü

Sonraki aşama ise oran kontrolü olup, belirli bir orana kadar bir görüntünün kodlanabilirliğidir. Kod dizini oran hedef bit değerine erişilene kadar kontrol işlemi yapılarak değiştirilir.

### 3. 7. Bit Dizini Organizasyonu

Kod blokları her bit dizinine kısaltma işlemi uygulanabilecek şekilde bağımsız olarak sıkıştırılır. Bit dizini organizasyonunda, bit düzlem kodlama geçişlerinden geçen sıkıştırılmış veri paketlere ayrılır. Şekil 5’de bir kod dizini organizasyonu gösterilmektedir.



Şekil 5. Kod dizini organizasyonu.

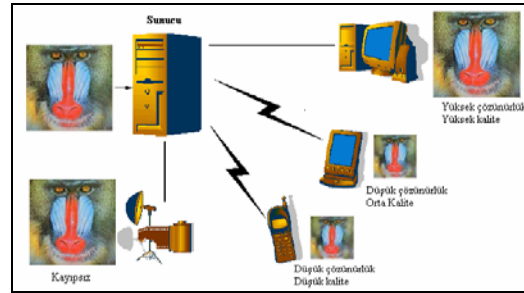
## 4. JPEG2000 STANDARĐININ ÖZELLİKLERİ

Mevcut sıkıştırma metotlarının büyük bir güncellemesi olarak kabul edilen JPEG2000 standardının burada üç temel özelliğinden bahsedilecektir.

### 4. 1. Görüntünün Bir Kere Sıkıştırılıp Pek Çok Yolla Açılabilme Özelliği

JPEG2000 ile kullanılabilir en büyük çözünürlük ve en büyük görüntü kalitesine karar verebilmek mümkündür.

Sıkıştırılmış veri her görüntü kalitesi ve boyutunda açılabilir. Sıkıştırılmış görüntü üzerinde sadece belirli bir bölgedeki veriye rastgele erişim yapılabilir. İstenilen bir görüntünün elde edilmesi için sadece gerekli bitlerin üzerine konularak, sıkıştırılmamış hale getirilmesi ve kod çözümü işlemi yapılması mümkündür. Bu JPEG2000 standardının önemli bir özelliği olup Şekil 6’da sıkıştırılmış bir görüntünün birden fazla yolla açılması gösterilmektedir (Gray, 2004).



Şekil 6. Sıkıştırılmış görüntünün farklı yollarla açılması.

### 4. 2. Sadece İlgili Alanın Kodlanabilirliği

Standardın diğer bir özelliği de görüntüde sadece istenilen alanın kodlanabilirliğine olanak sağlamasıdır. İlgili bölgesi (ROI: Region Of Interest) kodlamasında seçilen bir bölge daha yüksek kalite ile kodlanırken görüntüdeki diğer bölgeler daha düşük bir kalitede kodlanır. Bu ilgili bölgesi statik veya dinamik bir bölge olabilmektedir. Dinamik olması durumunda ilgili bölgesi tanımlaması verinin iletimi esnasında gerçekleşmekte iken, statik olması durumunda ise bölge tanımlaması kodlama zamanında gerçekleştirilmektedir.

### 4. 3. Hatalardan Korunma Yöntemlerindeki Yenilikler

Kablosuz iletişimin öneminin artması ile daha da çeşitlenen görüntü iletim hatalarını, JPEG2000

standardına eklenen yeni özellikler sayesinde aza indirgeyebilmek mümkündür.

Kodlama aşamasında her bloğun bağımsız olarak kodlanması, hataların o kod blokları içinde sınırlı kalmasını sağlar.

Kod blok verilerinin hatalardan korunma yöntemlerinden birisi ayrıştırma sembolleri kullanmaktır. Bu yöntemde, her bit düzleminin sonunda özel sembol sırası kodlanır. Kod çözümü eğer yanlış sırada yapılırsa bir hata meydana gelir ve bu durum en azından son bit düzleminin bozulmasına sebep olur.

Diğer bir yöntem ise düzenli tahmin edilebilir bitiş yöntemidir. Her kodlama geçişi sonunda özel bir tahminleme algoritması kullanılarak aritmetik kodlayıcı tamamlanmaktadır. Kod çözümleyici bitiş kodunu tekrar üretir ve eğer aynı kullanılmayan bitler bulunmazsa en son kodlama geçişinde hata meydana gelmektedir.

## 5. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ

Sayısal görüntü işleme bir görüntünün ve özelliklerinin değiştirilmesi için kullanılan çok çeşitli teknikleri içerir. En basit düzeyde, görüntü işleme görüntüdeki piksellerin fiziksel olarak yerlerinin değiştirilmesi ile gerçekleştirilir (Ertürk, 2003 ; Web\_4. 2006).

Farklı görüntü işleme algoritmaları geniş alt sınıflara ayrılarak incelenebilir. Farklı görevler ve problemler için farklı algoritmalar mevcuttur.

Görüntü iyileştirme (Image Enhancement) algoritmaları, özel bir uygulama için daha uygun bir sonuç üretmek amacıyla görüntüde yapılan işlemlerdir. Örneğin; görüntüdeki bulanıklığın giderilmesi veya keskinleştirme, kenarların belirginleştirilmesi, görüntüdeki zıtlığın veya parlaklığın artırılması veya görüntünün kaldırılması gibi uygulamalardır (Ertürk, 2003).

Bu gruptaki teknikler nokta işlemleri olarak da bilinir. Çünkü görüntüde piksel piksel değişiklik yapmak için nokta işlemleri kullanılır. Her piksel değeri bir önceki piksel'in değerine bağlı olan yeni bir piksel ile yer değiştirilir. En önemli nokta işlemleri eşikleme (thresholding), uyarlamalı eşikleme (adaptive thresholding), karşıtlık veya zıtlık artırma (contrast stretching) olarak belirtilebilir. Ayrıca, tüm resmin bilgisinden yararlanan histogram eşitleme (histogram

equalization) yöntemi de görüntü iyileştirmede önemli bir yer tutmaktadır.

Görüntü onarma (Restoration) için geliştirilen algoritmalar ise bilinen bir nedenden dolayı zarar görmüş olan görüntüde düzeltme işlemlerinin yapılabilmesine yöneliktir. Düzgün hareketten dolayı oluşan bulanıklığın kaldırılması, optik bozulmaların kaldırılması ve periyodik etkilenmelerin kaldırılması için geliştirilen algoritmalar onarma kapsamındadır.

Görüntü bölümlenme algoritmaları, bir görüntüdeki elementlerin veya nesnelerin gruplandırılması, sınıflandırılması için kullanılır. Bölümlenme bir görüntüdeki çizgileri, daireleri veya arabalar, yollar, binalar gibi belirli şekillerin ele alınıp incelenmesi için yapılan bir gruplandırma işlemidir.

Görüntü sıkıştırma ise sayısal bir görüntüyü sıkıştırmak için ihtiyaç duyulan bellek miktarını azaltmak amacıyla yapılan görüntü işleme tekniklerini içerir.

Görüntü analizi veya desen tanıma gibi işlemler için geliştirilen algoritmalar ise görüntü manipülasyonu grubu altında incelenir.

Morfolojik ve sayısal filtreleme teknikleri diğer önemli görüntü işleme teknikleridir. Morfolojik işlemler genellikle görüntüyü azaltmak, sınırları belirginleştirmek veya görüntüdeki iskeleti belirlemek gibi işlemler için kullanılırlar.

Görüntü işlemede kullanılan filtreleme teknikleri ya yüksek ya da alçak frekansların geçişlerini engellemek amacıyla kullanılan tekniklerdir. Yüksek frekansların geçişini engellemek görüntüdeki bulanıklık veya düzleştirme (smoothing) işlemlerini gerçekleştirmek için yapılır. Alçak frekans geçişlerinin engellenmesi ise genellikle görüntüdeki kenarların belirginleştirilmesi veya iyileştirme (enhancement) için yapılır (Göçeri and Boyen, 2006).

Filtreleme teknikleri ya frekans ya da uzaysal (spatial) ortamda gerçekleştirilir. Uzaysal ortam görüntüdeki pikseller topluluğunu ifade eder ve uzaysal ortam metotları ise doğrudan bu pikseller üzerinde yapılan işlemleri belirtmektedir.

Görüntü işleme için uzaysal maskeler kullanıldığında bu işlem uzaysal filtreleme (spatial filtering) ve maskeler ise uzaysal filtreler (spatial filters) olarak adlandırılmaktadır.

Görüntü işleme için frekans ortamında yapılan filtrelemede kullanılan Fourier açılımındaki en büyük dezavantaj sadece frekans verisinin olması fakat zaman bilgisini içermemesidir. Bu nedenle bir

görüntüdeki bütün frekanslar gösterilebilir fakat bu frekans değerlerinin ne zaman elde edildiği belirtilemez. Bu problemi çözmek için geçmiş yıllarda zaman ve frekans bilgisini aynı anda gösteren çeşitli çözümler üretilmiştir. Bu probleme bulunan en son çözüm ise dalgacık dönüşüm tekniğinin kullanılmasıdır.

Çok boyutlu görüntüler için ise dalgacık dönüşümü ayrı ayrı her boyutta gerçekleştirilir. Çünkü dalgacık dönüşümü, matris değerlerinin birleşiminden dolayı dalgacık dönüşüm matris değerlerinin çarpımı şeklinde yazılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda büyük boyutlardaki görüntüler üzerinde de dalgacık dönüşüm tekniğinin etkili bir şekilde gerçekleştirilebildiği gözlenmiştir (Bhattar et al., 2000)

Gerçekleştirilen uygulamada diğerlerinden daha gelişmiş ve daha iyi frekans özellikleri olan Daubechies dalgacık dönüşüm algoritmaları kullanılmıştır.

## 6. C# İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ

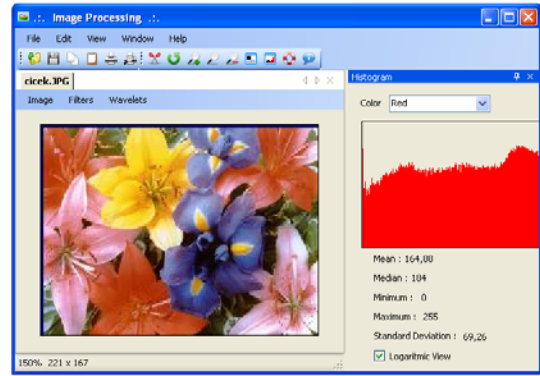
Yazılım geliştirilmeye başlanmadan önce dünyada konu ile ilgili geliştirilmiş, JPEG2000 desteği veren diğer yazılımlar ve araçlar (Web\_5, 2007; Web\_6, 2007; Web\_7, 2007) incelenmiş, her birinin diğerine göre çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu gözlenmiştir. Bazıları her görüntü işleme tekniğini istenilen performansta destekleyememekte, bazıları ise sadece belirli sayıdaki dosya biçimleri üzerinde çalıştırılabilmektedir. Görüntü iyileştirme, onarma, analiz, tanıma, kenar belirginleştirme ve morfolojik işlemler gibi çeşitli işlemlere ek olarak çok sayıda filtreleme tekniğini de gerçekleştirmeye olanak sağlayan yazılımımızın diğer uygulamalara göre önemli bir üstünlüğü de kullanıcı kolaylığı sağlayan bir arayüz ile dalgacık dönüşüm tekniklerinin istenildiği kadar katsayı ile gerçekleştirilebiliyor olmasıdır.

TIF, GIF, BMP, JPEG, PNG, DIC, DCM, MPG, MPEG gibi bilinen dosya biçimleri ile beraber uzantısı J2K, JP2, JPC olabilen, JPEG2000 standardını da desteklemekte olan yazılıma ait kullanıcı arayüzü için örnek bir ekran görüntüsü Şekil 7'de verilmiştir.

Yazılım geliştirme sürecinde analiz, tasarım, programlama ve test aşamalarının her biri üzerinde detaylı bir şekilde durulmuştur. Detaylandırılmış süreçte ihtiyaç analizi, hedeflenen yazılımın tanımı, sistem tasarımı, yöntem geliştirme, uygun teknoloji

araştırması ve seçimi, kodlama, görsel tasarım, teknik tasarım ile birlikte iç testler ve dış testler gerçekleştirilmiştir.

Bilindiği gibi görüntü işleme ile ilgili uygulamalar genelde Matlab gibi teknik programlama platformları yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında genel amaçlı Java (The Java Imaging Utilities, Java Advanced Imaging API, Java Graphics and Imaging Library) ve .NET yazılım geliştirme platformları için de görüntü işleme kütüphaneleri geliştirilmiştir. Projemizde ise, yazılımın geliştirilmesi için tercih edilen teknoloji, farklı programlama dilleri ve kütüphanelerinin birlikte çalıştırılmasına ve Windows tabanlı uygulamalar oluşturulmasına ayrıca diğer ağ sistemleri ile bütünleşik olmasına izin veren bir geliştirme ve çalıştırma ortamı olan Microsoft Visual Studio 2005 platformu olmuştur.



Şekil 7. Geliştirilen yazılım.

Visual Studio 2005 uygulama geliştirmeyi hızlı ve kolay yapmak üzere tasarlanmış birçok yeni özelliği de destekler. Tekrar derlenebilir kod bloklarından tümlşik test araçlarına kadar pek çok özellik mevcuttur. Ayrıca, üçüncü parça kontrollerin kullanımına izin verdiği gibi yüzden fazla kontrolü de desteklemekte ve kullanıcılara yönelik güçlü bir arayüz oluşturulması için zengin kontrol kümesine erişim hakkına sahip olmaktadır.

Programlama dili olarak Visual C# 2005 kullanılmış olup .NET platformunun görüntü işleme desteğinden önemli ölçüde yararlanılmıştır. System.Drawing isim uzayı içinde yer alan ve resimler üzerinde çeşitli işlemler yapılmasını sağlayan Image sınıfı, Clone metodu ile bir resmin kopyalanmasına, RotateFlip metodu ile istenilen yönde döndürülmesine, PhysicalDimensions metodu ile orjinal boyutunun öğrenilmesine, HorizontalResolution ve VerticalResolution metodları ile resmin yatay ve dikey çözünürlüklerinin öğrenilmesine ve daha pek çok işlemin yapılmasına imkan sağlar. Ayrıca GetPixel, SetPixel gibi temel metotları içeren, aynı isim

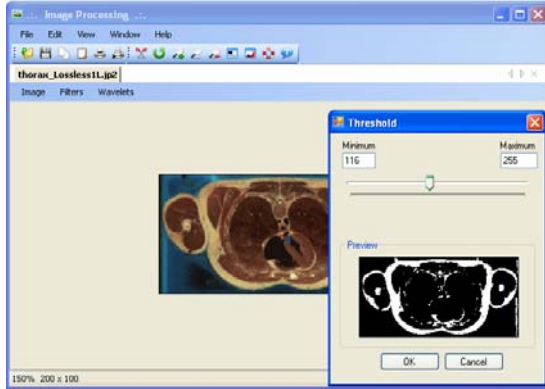
uzayında bulunan Bitmap sınıfının çeşitli özellikleri ve metotları da kullanılmıştır.

Proje süresince, gerçekleştirilen yazılımın çok boyutlu görüntüleri ve her dosya biçimini desteklemesi, yüksek performans göstermesi, geliştirme kolaylığı sağlaması ve çok amaçlı kullanılabilir olması düşünüldüğünden iki yeni kütüphane (Mathematics ve Image Operations) daha oluşturulup sisteme eklenmiştir.

Görüntülenen her resim üzerinde gerekli işlemler gerçekleştirildikten sonra, elde edilen sonuç resmin, uygulamadaki farklı kaydet seçeneği ile istenen formatta kaydedilebilmesi yazılımın farklı bir özelliğidir. Farklı kaydetme işlemi ile üç boyutlu bir görüntü bile J2K biçiminde kaydedilebilmektedir. Bu işlem üç boyutlu görüntünün her çerçevesinin, dosya ismi ve çerçeve numarası kullanılarak otomatik bir şekilde kaydedilmesi ile sağlanır.

Kullanıcı kolaylığı sağlaması amacıyla çeşitli ekstra özelliklere de yer verilmiş olan uygulamada medyan filtreleme, parlaklık düzeltme, adaptive smoothing, bağlantılı parça etiketleme, renk filtreleme ve çeşitli kenar belirginleştirme işlemleri yapılabilmektedir.

Geliştirilen yazılımda, beşinci bölümde belirtilen tüm görüntü işleme yöntemlerini sağlayacak farklı algoritmalara da yer verilmiştir. Şekil 8, en çok bilinen bölge tabanlı bölümlenme yöntemi olan eşikleme işlemine örnek olarak verilmiştir.



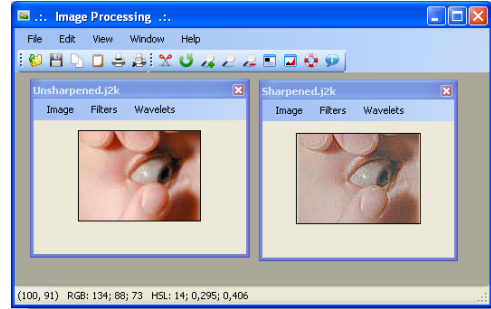
Şekil 8. Eşikleme yöntemi.

Şekil 9, Sobel Kenar Belirginleştirici işlemi sonucunda elde edilen görüntüyü göstermektedir.

Ayrıca görüntü üzerinde eritme, genleşme, açma, kapama, kalımlaştırma ve inceltme gibi morfolojik işlemleri de gerçekleştirmek mümkündür. Örneğin Şekil 10'da, orijinal bir görüntü ile görüntüdeki küçük ayrıntıların daha belirgin hale getirilmesi için uygulanan keskinleştirme işlemi sonucunda elde edilen görüntüye yer verilmektedir.



Şekil 9. Sobel kenar belirginleştirici.



Şekil 10. Keskinleştirme işlemi.

Geliştirmiş olduğumuz uygulama IPLAB uygulaması (Web\_6, 2007) ve ImageMan uygulaması (Web\_7, 2007) ile farklı kriterlere göre karşılaştırılmış olup sonuçlar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Benzer Yazılımların Karşılaştırılması.

Kriterler	IPLAB	ImageMan	Geliştirilen Yazılım
Dalgacık Dönüşüm Teknikleri	Yok	Yok	Var
JPEG2000 Desteği	Yok	Var	Var
Desteklenen Dosya Biçimleri	png,gif, tif,bmp, jpg	j2k, gif, tif, jpg, bmp, pdf	j2k, jp2, jpc, dic, dcm,mpg, mpeg,xmp, img, gif,tif, bmp,png, pnm,pgm,lut
Çok Boyutlu Dosya Desteği	Yok	Yok	Var
Desteklenen Filtreleme Teknikleri	Renk filtrelemeleri, Kenar belirginleştirme, Keskinleştirme, Bulanıklaştırma Eşikleme, Morfolojik işlemler	Keskinleştirme, Bulanıklaştırma, Kenar belirginleştirme	Renk filtrelemeleri, Kenar belirginleştirme, Keskinleştirme, Bulanıklaştırma, Eşikleme, Morfolojik işlemler, Kayıpsız veya sıkıştırma ...



Tablo 1’den de anlaşıldığı gibi, geliştirilen uygulama benzer uygulamalarla karşılaştırıldığında birçok üstün özelliğe sahip olduğu görülmektedir.

## 7. SONUÇ

Geliştirilmekte olan JPEG2000 standardı, bu güne kadar tamamlanmış olan bölümleri ile bile mobil uygulamalardan tıbbi görüntülemeye, sayısal fotoğrafçılıktan elektronik ticarete kadar çok geniş bir kullanım alanına sahip olduğu kabul edilmektedir. Eklenecek olan yeni özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda geleceğin görüntü sıkıştırma standardı olarak görülmektedir. Bu nedenle Adobe Photoshop, Corel Paint Shop Pro, IrfanView, Adobe Fireworks, Paint.NET, PhotoLine 32, Pixel Image Editor, Ulead PhotoImpact gibi grafik programları tarafından desteklenmektedir.

Akademik Bilişim 2007 konferansında konu ile ilgili sunulan bildirilerin birinde (Göçeri ve Yaldır, 2007a), JPEG2000 standardının özellikleri belirtilmiş, diğerinde ise (Göçeri ve Yaldır, 2007b) geliştirilen görüntü işleme uygulaması tanıtılmıştır. Bu çalışma ile ise geliştirilen yazılımdan daha detaylı bahsedilmekte, modern yazılım geliştirme platformlarının görüntü işleme desteği karşılaştırılmakta, tercih edilen teknolojinin özelliklerine de değinilmektedir. Ayrıca, Web üzerinden IEEE Explore, Citeseer ve ScienceDirect gibi sitelerde JPEG2000 ile ilgili yayınlar en yakın tarihten başlanıp incelenerek ilgili paragraflarda atıflarda bulunulmuş, daha zengin bir kaynakça ile çeşitli görüntü işleme uygulamaları ve gerçekleştirdiğimiz yazılımın farklı açılardan karşılaştırılması da yapılmıştır.

Bu uygulama ile modern ve genel amaçlı bir yazılım geliştirme ortamında, JPEG2000 standardını destekleyen, çok boyutlu görüntüler üzerinde de çeşitli görüntü işleme tekniklerinin uygulanabildiği bir arayüz geliştirilmiştir. Geliştirilen arayüz, hem kullanıcı kolaylığı sağlaması, hem de çok farklı tiplerdeki görüntülerin hedeflenen amaca yönelik olarak analiz edilebilmesi ve işlenebilmesine olanak sağlaması açısından önem taşımaktadır. Uygulama üzerinde, görüntülerin kalitesinde herhangi bir bozulma olmadan, çeşitli görüntü işleme algoritmalarının her tür görüntü üzerinde çalıştırılabildiği gözlenmiştir.

## 8. KAYNAKLAR

Adams, D. M. and Kossentini F. 2002. “JasPer: A Software-Based JPEG-2000 Codec

Implementation”, Dept. of Elec. and Comp. Engineering, University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada.

Bhattacharjee, R. K., Ramakrishnan K.R. and Dasgupta K. S., 2000. “Strip Based Embedded Coding of Wavelet Coefficients for Large Images”, Indian conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing (ICVGIP).

David, S., Taubman, M. and Marcellin, W. 2002. “Image Compression Fundamentals, Standards and Practice”, Kluwer Academic Publishers, Boston, s.68-125.

Ertürk, S. 2003. “Digital Image Processing”, Kocaeli Üniversitesi, Şubat 2003 Yayını, Parça Numarası 323604A-01.

Göçeri, E. and Boyen, H. 2006. “Classical Image Processing”, Xios Hogeschool Bölüm Seminerleri, Hasselt, 62s.

Göçeri, E. and Boyen, H. 2005. “Wavelets”, Xios Hogeschool Bölüm Seminerleri, Hasselt, 48s.

Göçeri, E. ve Yaldır, A. K. 2007a. “Çok Boyutlu görüntüler için JPEG2000 Standardını Destekleyen Görüntü İşleme Uygulaması”, Akademik Bilişim 2007, Kütahya.

Göçeri, E. ve Yaldır, A. K. 2007b. “Geliştirilmekte Olan Görüntü Sıkıştırma Standardı JPEG2000 ve Eklenen Yeni Özellikleri”, Akademik Bilişim 2007, Kütahya.

Gray, K. L. 2004. “The JPEG2000 Standard”, München Teknik Üniversitesi, <http://www.compression.ru/download/articles/jpeg2000/content.pdf.rar>

Marcellin, M. W., Gormish, M. J., Bilgin, A., Boliek, M. P. 2000. An Overview of JPEG-2000. In: Proc. IEEE Data Compression Conference, 523-541.

Pavlidis, G., Tsompanopoulos A. Papamarkos N. and Chamzas C. 2002. “JPEG2000 Over Noisy Communication Channels: Thorough Evaluation and Cost Analysis”, International Conference on Image Processing Proceedings, Vol. 3, 561- 564.

Skodras, A. N., Christopoulos, C. A. and Ebrahimi, T. 2001. “JPEG2000: The Upcoming Still Image Compression Standard”. Pattern Recognition Letter 22 (12): 1337-1345.]

Taubman, D. 1998. Report on Coding Experiment CodEff22: EBCOT (Embedded Block Coding With

Optimized Truncation). ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1020R.

Taubman, D. 2000. High Performance Scalable Image Compression with EBCOT. In: IEEE Trans. on Image Processing, 9, 7, 1158-1170.

Thomos, N., Boulgouris, N., V. and Strintzis M., G. 2006. "Optimized Transmission of JPEG2000 Streams Over Wireless Channels", IEEE Transactions On Image Processing, Vol. 15, No. 1, January 2006.

Uytterhoeven, G. 1999. "Wavelets: Software and Application", Phd Thesis, Department of Computer Science, K.U.Leuven, Belgium.

Web\_1, 2006. Robi Polikar'ın Web Sitesi <http://users.rowan.edu/~polikar/wavelets/wttutorial.html> (20/02/2006)

Web\_2. 2006. Amara'nın Web Sitesi <http://www.amara.com/current/wavelet.html> (02/02/2006).

Web\_3. 2006. JPEG topluluğunun JPEG2000 resmi web sitesi <http://www.jpeg.org/jpeg2000/index.html> (26/12/2006).

Web\_4. 2006. Fisher, Simon Perkins, Ashley Walker ve Erik Wolfart'ın Web Sitesi, [http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/hipr\\_top.html](http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/hipr_top.html) (24/04/2006).

Web\_5. 2007. Çeşitli Yazılım Araçları; <http://www.componentsource.com/features/image-processing/visual-csharp-2005/index.html> (27/04/2007).

Web\_6. 2007. Andrew Kirillov'un iplab uygulaması; [http://www.codeproject.com/cs/media/Image\\_Processing\\_Lab.asp](http://www.codeproject.com/cs/media/Image_Processing_Lab.asp) (27/04/2007).

Web\_7. 2007. ImageMan Uygulaması; <http://www.componentsource.com/relevance/image-processing/visual-csharp-2005/index.html?q=imageman> (27/06/2007).

Web\_8. (2007) JPEG grubunun resmi web sitesi; <http://www.jpeg.org/jpeg2000/> (25/10/2007).