

Geliştirilmekte Olan Görüntü Sıkıştırma Standardı

JPEG2000 ve Eklenen Yeni Özellikleri

Evgin Göçeri, A. Kadir Yaldir

Pamukkale Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 20070, Denizli
egoceri@pau.edu.tr, akyaldir@pau.edu.tr

Özet: Görüntü sıkıştırma, bir sayısal görüntünün gösterilmesinde gereksinim duyulan veri miktarının azaltılması amacıyla, oluşabilecek problemleri çözmeye yönelik olarak gerçekleştirilen işlemleri ifade eder. Çoklu ortam (multimedia) teknolojisinin kullanım alanı arttıkça, görüntü sıkıştırma işlemi yeni özelliklerin yanı sıra yüksek performansa da gereksinim duymaktadır. Bu gereksinimleri karşılamak için görüntü kodlama alanında JPEG2000 olarak bilinen yeni bir standart geliştirilmektedir.

Bu çalışmamızdaki amaç, görüntü sıkıştırma standardı olarak bilinen JPEG2000'in bölümleri, kodlama yapısı, eklenen yeni özellikleri ve uygulamalardaki önemini belirtmektir.

Anahtar Kelimeler: JPEG2000, Sayısal Filtreler, Görüntü Sıkıştırma, Dalgacık Dönüşümü

The Under Development Image Compression Standard Jpeg2000 And Its Added New Features

Abstract: Image compression defines several processes to solve possible problems to reduce storage spaces of images. Image compression requires higher performance as well as new features with the increasing use of multimedia technologies. A new standard is under development known as JPEG2000 to address this need in the specific area of image encoding.

Our aim in this study is to define the parts of the image compression standard known as JPEG2000, and its encoding structure, added new features and also the importance for applications.

Keywords: JPEG2000, Digital Filters, Image Compression, Wavelet Transformation

1. Giriş

Henüz geliştirilme aşamasında olan JPEG2000 standardı, çeşitli özelliklerinden dolayı sayısal görüntüleme alanının gelecekte daha da önemli bir konusu olacaktır. 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.

JPEG2000 yeni ve güçlü bir araç olmakla birlikte, şu ana kadar geliştirilmiş olan bölümleri ile bile, günümüzde sayısal görüntülemeler-

de Internet uygulamalarının önemli bir parçası haline gelmiştir. Çünkü sıkıştırılmamış görüntüler için depolama büyüklüğünü, veri iletim bant genişliğini ve iletim zamanını gösteren Tablo 1'deki verilerden de anlaşılıyor ki, görüntüler fazla depolama alanı, geniş veri iletim bant genişliği ve uzun iletim zamanına ihtiyaç duyar.

Görüntü Tipi	Boyutları	Bit/Pixel	Sıkıştırılmamış Büyüklük	Bant Genişliği	İletim Zamanı (28.8K, modemle)
Grü Tonlu	512x512	8bpp	262KBytes	2.1 Mbit/image	1 min 13 sec
Renkli	512x512	24bpp	786KBytes	6.29 Mbit/image	3 min 29 sec
TABİ	2048x1680	12bpp	5.16MBytes	41.3 Mbit/image	23 min 54 sec
Yüksek Yoğunluklu	2048x2048	24bpp	12.58 MBytes	100 Mbit/image	58 min 15 sec

Tablo 1. Sıkıştırılmamış görüntüler

Günümüzdeki teknoloji ile bu probleme tek çözüm, görüntünün depolanması ve iletiminden önce sıkıştırılmasıdır. JPEG2000 dalgacık teknolojisine dayalı sıkıştırma yöntemlerini kullanan bir çeşit görüntü kodlama tekniğine sahiptir.

JPEG2000 ile çeşitli çözünürlükleri, kaliteleri, parçaları veya uzaysal bölgeleri sıkıştırılmış dosyayı açmadan görüntülemek mümkündür.

Bu çalışmada 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. Son bölümde ise standardın önemli özelliklerine değinilmektedir.

2. JPEG2000 Standardının Bölümleri

JPEG2000 standardı iptal edilen bölümle birlikte toplam 12 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü (çekirdek bölüm) 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 dizin yapısını ve görüntülerin kodlanması için gerekli adımları içerir. Standardın diğer bölümleri dosya uzantıları ve diğer çeşitleri ile ilgili olup mevcut uygulamalarda kullanılan bölüm sadece bu ilk bölümdür.

Uzantılar olarak adlandırılan ikinci bölüm, kat-sayı miktarlarını belirten değerleri ve dalgacık bölümlenme 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, fotoğ-

raf 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.

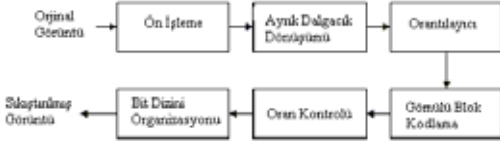
Geliştirilmesi planlanan onuncu bölüm ile üç boyutlu görüntülerinde kodlanmasına olanak sağlanması amaçlanmaktadır.

JPWL, on birinci bölüm olup, JPEG2000 görüntülerinin kablosuz ortamda hatalara karşı daha dayanıklı bir şekilde iletilmesini sağlamaya yöneliktir.

Son bölüm ise ISO tabanlı dosya biçimini içermektedir. Geliştirilme aşamasında bazı parçalar hem MPEG-4 hem de JPEG2000 içinde olmak üzere iki defa tanımlanmıştır. Bu nedenle bazı yerleri basitleştirmek için ortak bölüm her iki parçadan da kaldırılır ve tek bir döküman olarak her iki bölümde de tekrar işlenir.[7]

3. JPEG2000 Standardının Kodlama (Encoding) Tekniği

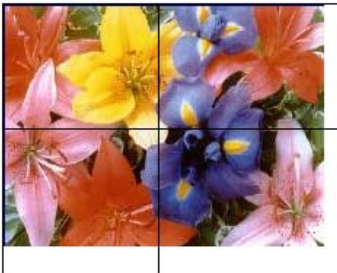
JPEG2000 standardı hem kayıpsız hem kayıplı sıkıştırmaya olanak sağlar. JPEG2000 sıkıştırma standardı Şekil 2'de gösterilen aşamaları içermektedir.[8]



Şekil 2. 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 bölümlenmeye (tiling) olanak sağlar. Bölümlenmede girdi olarak kullanılan görüntü Şekil 3'deki gibi eşit parçalara ayrılmaktadır.



Şekil 3. Bölümlenme (Tiling)

Dalgacık dönüşümü, orantılama, 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, bölümlenme (decomposition) tekniklerine dayanan sinyal işlemeden türetilmiştir. Dalgacık dönüşüm tekniğinin arkasındaki fikir sinyali çeşitli bölümlere ayırmak ve ayrı ayrı analiz etmektir. 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.[5]

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.[6]

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.[2]

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.[6],[3]

Görüntüler iki boyutlu veriler olduğu için görüntü sıkıştırma işleminde 2D Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT) kullanılır. 2D Ayrık Dalgacık Dönüşümünde veri ilk önce satırların sonra da sütunların dönüşümü yapılabilecek şekilde ayrılabilir bir dönüşümdür.[3]

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.[4]

3.3. Renk Dönüşümü

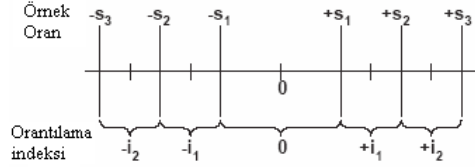
JPEG2000 sıkıştırma genellikle renkli görüntüleri sıkıştırmak için kullanılmaktadır. Renkli görüntüler genellikle RGB biçimindedir. Fakat Y, Cr ve Cb renk değerleri R, G ve B renk değerlerine göre statik olarak birbirlerine daha az bağlı olması nedeniyle bağımsız olarak yapılan sıkıştırma daha etkili olmaktadır. Bu nedenle JPEG2000’de RGB değerlerinin YcrCb (Y:Luminance, Cr:Chrominance kırmızı, Cb:Chrominance mavi) değerlerine dönüştürülmesi yani renk dönüşüm işlemleri de gerçekleştirilmektedir. [1],[4]

3.4. Orantılama

Dalgacık katsayıları eşit aralıklı miktarlayıcılar kullanılarak orantılanır. Her alt-bant b için, basit bir orantılama sabiti bütün katsayıları orantılamak üzere aşağıdaki eşitliğe göre kullanılır.[10]

$$q = \text{sign}(y) \left\lfloor \frac{|y|}{\Delta_b} \right\rfloor \quad (3.1)$$

Y miktarlayıcı için girdi, $\text{sign}(y)$ ise y ’nin işaretini ifade eder iken, b adım büyüklüğü ve q sonuç miktarlayıcı indeks değeridir. Ölü bölge, orantılama oranının yaklaşık 0 yani $2b$ olduğu anlamına gelir bu ise daha fazla sıfırlı sonuç elde edilmesi demektir. Şekil 4’te orantılama yapısı için bir örnek gösterilmektedir.

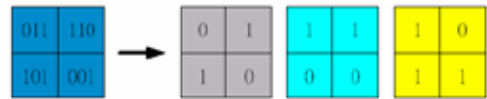


Şekil 4. Orantılama Yapısı

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. [11],[12]

Kod blokları Şekil 5’de gösterildiği gibi en baskın (most significant) bit düzleminde başlanarak en az baskın (least significant) bit düzlemine kadar kodlanır. [9],[10]



Şekil 5. MSB düzleminde LSB düzlemine kod bloklar

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.

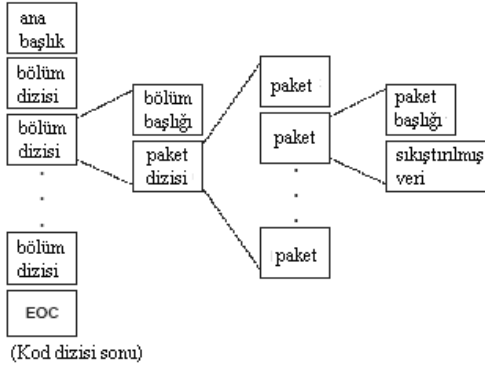
3.6. Oran Kontrolü

Sonraki aşama ise oran kontrolü olup, belirli bir orana kadar bir görüntünün kodlanabilirliği için üç kodlama geçişini (Significance Propagation Pass, Magnitude Refinement Pass, Clean-up Pass) yapmak amacıyla kullanılır.

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 6'da bir kod dizini organizasyonu gösterilmektedir.



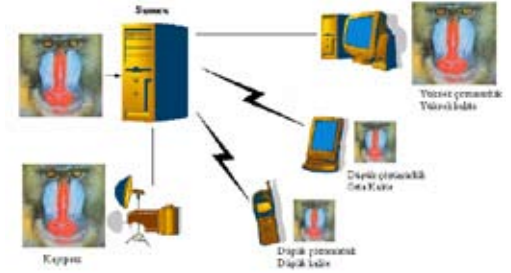
Şekil 6. Kod dizini organizasyonu

4. JPEG2000 Standardının Özellikleri

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 konumlanıp, sıkıştırılmamış hale getirilmesi ve kod çözümü işlemi yapılması mümkündür. Bu JPEG2000 standardının önemli bir özelliği olup Şekil 7'de sıkıştırılmış bir görüntünün birden fazla yolla açılması gösterilmektedir.



Şekil 7. Sıkıştırılmış Görüntünün Farklı Yollarla Açılması

4.2. Sadece İlgili Alanın Kodlanabilirliği

Standardın diğer bir özelliği de görüntüde sadece istenilen alanın kodlanabilirliğine imkan 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 ilgi bölgesi statik veya dinamik bir bölge olabilmektedir. Dinamik olması durumunda ilgi 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 bölümlenme 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 düzlemin 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. Sonuç

Geliştirilmekte olan JPEG2000 standardı, bu güne kadar geliştirilmiş olan bölümleri ile bile mobil uygulamalardan tıbbi görüntülemeye, sayısal fotoğrafçılıktan elektronik ticarete kadar çok geniş bir kullanım alanına sahip olduğu kabul edilmekte ve geliştirilecek olan yeni özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda geleceğin görüntü sıkıştırma standardı olarak görülmektedir.

6. Kaynaklar

[1] Adams D. M. and Kossentini F., “JasPer: A Software-Based JPEG-2000 Codec Implementation”, Dept. of Elec. and Comp. Engineering, University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada, 2002

[2] Amara'nin kişisel web sitesi <http://www.amara.com/current/wavelet.html> (02/02/2006)

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

[4] Gaetano, I. “JPEG2000 - A Short Tutorial” Kişisel Web sayfası, <http://www.dmi.unict.it/~impoco/> (2004)

[5] Geert Uytterhoeven, “Wavelets: Software and Application”, Phd Thesis, Department of Computer Science, K.U.Leuven, Belgium, 1999

[6] Goceri, E. and Boyen, H. (2005) “Wavelets”, Xios Hogeschool Bölüm Seminerleri, Hasselt, 48s.

[7] JPEG topluluğunun resmi web sitesi <http://www.jpeg.org/jpeg2000/index.html> (26/12/2006)

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

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

[10] Skodras A. N. (Electronics Laboratory, University of Patras, GR-26110 Patras, Greece), C. A. Christopoulos (Media Lab, Ericsson Research, Ericsson Radio Systems AB, S-16480 Stockholm, Sweden) and T. Ebrahimi (Signal Processing Laboratory, EPFL, CH-1015 Lausanne, Switzerland) (2001) “JPEG2000: The Upcoming Still Image Compression Standard”, kaynağın yer aldığı internet sayfasının adresi, <http://www.upatras.gr/ieee/skodras/pubs/ans-b17.pdf>

[11] Taubman, D., 1998. Report on Coding Experiment CodEff22: EBCOT (Embedded Block Coding With Optimized Truncation). ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1020R.

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