



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 2, Article Number: 1A0173

ENGINEERING SCIENCES

Received: November 2010

Accepted: February 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Burhan Ergen

Muhammet Baykara

Firat University

bergen@firat.edu.tr

mbaykara@firat.edu.tr

Elazig-Turkey

**DALGACIK VE DALGACIK PAKET AYRIŞTIRMASI İLE İMGELERDEN GÜRÜLTÜ
TEMİZLEMESİ ANALİZİ**

ÖZET

Sunulan bu çalışmada, imgelerden gürültü temizlemesi için dalgacık ve dalgacık paket ayrıştırma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, her iki yöntem için de ayrıştırma derinliğinin artırılmasının PSNR oranını ciddi bir şekilde etkilemediğini göstermiştir. Standart test imgeleri üzerinde yapılan incelemede, her imge için her ne kadar aynı performansı gösteremese de dalgacık paket ayrıştırmasına göre üstün olduğu sonucuna varılmıştır. İşlem yükü de dikkate alındığında, dalgacık ayrıştırmasına dayalı gürültüden temizleme yönteminin kullanılmasının daha doğru olacağı sonucu çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dalgacık Dönüşümü, Gürültü Temizleme,
Dalgacık Paket Ayrıştırması, Görüntü İşleme,
PSNR

ANALYSIS OF DENOISING WITH WAVELET AND WAVELET PACKAGE DECOMPOSITION

ABSTRACT

In this presented study, it is compared that the wavelet and wavelet package decomposition for image denoising. The results shows that increasing of decomposition depth does not affect significantly PSNR rate. In the examination made on standart test images, it is concluded that although it does not show the same performance for every image, wavelet decomposition is superior to wavelet package decomposition. It is decided that it is more suitable to use denoising method based on wavelet decomposition when considering processing load as well.

Keywords: Wavelet Transform, Denoising,
Wavelet Package Decomposition, Image Processing, PSNR

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bilgisayarlı görüntüleme ve görme tekniklerinin gelişmesi ile beraber, birçok alanda kullanılır hale gelmiştir. Uzaktan algılama ile yeryüzü yapısının incelenmesi, bina veya asfalt çatlaklarının incelenmesi ve güvenlik gibi çeşitli alanlarda bilgisayarlı görüntüleme kullanılmaktadır. Bilgisayarda inceleme amacıyla, bilgisayar içerisine alınmış resimlere, görüntü veya alana özel olma açısından imge denilir. İmgenin alımı esnasında, çeşitli şekillerde imge üzerine bir gürültü biner. Bu bazen görüntüleme cihazının kalitesinden, bazen cihazın bulunduğu ortamdaki elektriksel bozucu etkilerden veya alınan imgenin iletimi esnasında bozulmasından resmin görüntü kalitesini azaltan etkilenmeler olur.

Dolayısı ile bir imge genellikle bir gürültüye sahiptir ve hiçbir zaman kolayca yok edilemez. İmgenin gerçek karakteristiğine, gürültünün istatistiksel ve frekans dağılımına göre araştırmacılar gürültünün etkilerini ortadan kaldıracak için birçok yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemler, temelde uzaysal ve dönüşümsel olmak üzere iki grupta toplanabilir. Uzaysal alan, asıl imge üzerinde gerçekleştirilen veri işlemleridir. Bu veriler, genelde imgenin gri seviye değerleri olup piksel komşuluk ortalamasını alan ortanca (median) veya wiener filtreleri bunlara örnektir.

Dönüşümsel alanda ise, imgeye bir dönüşüm uygulanır ve oluşan katsayılar işlenir. Gürültüden temizlenmiş imge ise, işlenmiş katsayıların ters dönüşüm alınması ile elde edilir. Dalgacık dönüşümü tabanlı yöntemler bir örnek olarak verilebilir. Bu yöntemlerde teoride yapılmak istenen, gürültüyü yumuşatırken imgenin kenarlarını ve ayrıntı bilgilerinin korumaktır.

Son yıllarda, bilgisayarın hızlı gelişmesi ile dalgacık ve dalgacık paket dönüşümü birçok uygulamada yaygın olarak yer almıştır. Dalgacık temelli yöntemler, imgeyi birbirine dik dalgacık katsayıları kullanarak bir filtre bankası oluşturacak şekilde birçok alt banda alçak ve yüksek frekans bileşenleri şeklinde ayrıştırıp, katsayılar üzerinde bir eşikleme işlemi gerçekleştirir. Bu alanda birçok eşik değeri kestirimi ve eşikleme yöntemi önerilmiştir (Donoho 1993, Lang 1995 ve Chang 2000).

Eşikleme, basit doğrusal olmayan dalgacık tabanlı dönüşüm katsayılarının küçük değerli olanlarını gürültü bileşeni kabul edip eleyen bir yöntemdir. Eğer katsayılar, kestirilen eşik değerinden küçük ise sıfırlanır, büyük ise ya olduğu gibi tutulur veya değiştirilir. Bu işleme uygulanma şekline göre sert veya yumuşak eşikleme denilir.

Bir imge için dalgacık temelli dönüşüm, imgenin önce satırları daha sonrada sütunları filtre katsayıları ile filtrelenerek ayrıştırılma şeklinde yapılır. Sonuçta, alçak frekans bileşenlerin bulunduğu yaklaşım, yatay, dikey ve köşegen olmak üzere yüksek frekans bileşenlerinin bulunduğu ayrıntı katsayıları elde edilir. Daha sonra ayrıştırma derinliği kadar bu işlem tekrarlanır.

Dalgacık temelli dönüşüm için genel olarak iki çeşit dönüşüm, dalgacık dönüşümü ve dalgacık paket dönüşümü, yaygın olarak kullanılmaktadır. Dalgacık dönüşümünü, dalgacık paket dönüşümünden ayıran fark ayrıntı bileşenlerinin ayrıştırma derinliğine göre ayrıştırmaya tabi tutulmamasıdır. Dalgacık paket dönüşümünde ise ayrıntı bileşenleri her derinlikte yaklaşım katsayıları gibi ayrıştırmaya tabi tutulur.

Sunulan bu çalışmada, dalgacık ve dalgacık paket dönüşümünün imgeden gürültü temizlenmesinde etkinlikleri Matlab ortamında yazılan programlar ile araştırılmıştır. Bu amaçla aynı derinlik ve eşikleme biçimi için performans araştırılması yapılmıştır. Gürültü güderimi sonucunda, yöntemlerin etkinliğini ölçmek için genel kabul görmüş tepe

işaret-gürültü oranı (Peak Signal to Noise Ratio - PSNR) tanımından faydalanılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Bu çalışmada son yıllarda oldukça fazla uygulama alanı bulan dalgacık dönüşümü temelli gürültü temizleme teknikleri üzerine araştırma yapılmıştır. Çalışmada, dalgacık ve dalgacık paket ayrıştırma yöntemlerinin bir birlerine göre gürültü temizleme açısından etkinlikleri araştırılmıştır. Farklı ayrıştırma derinliği, farklı test imgeleri ve farklı seviyede gürültülü imgeler için yapılan çalışmada dalgacık ayrıştırma yöntemin daha olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çalışma sadece, dalgacık ve dalgacık paket ayrıştırmasının yöntem olarak etkinliğini belirlemeyi hedeflemiştir. Gürültüden temizleme için literatürde önerilen eşik değeri belirleme ve eşikleme yöntemleri incelenmemiştir.

3. DALGACIK VE DALGACIK PAKET AYRIŞTIRMASI (WAVELET AND WAVELET PACKAGE DECOMPOSITION)

Dalgacık ve dalgacık paket ayrıştırması, (1)'de tanımı verilen sürekli dalgacık dönüşümünün ölçeklemenin ikinin kuvveti olarak alınmasına dayanır. Dalgacık dönüşümü özellikle işaret içerisindeki süresizlikleri belirlemede oldukça etkilidir.

$$W(a,b) = \int f(x)\psi_{a,b}^*(x)dx \quad (1)$$

$\psi_{a,b}^*(x)$, $\psi(x)$ ana dalgacıktan öteleme ve genişletme faktörleri kullanılarak elde edilmiş yeni dalgacığın karmaşık eşleniğidir (Daubechies 1992, Vetterli 1992):

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-a}{b}\right) \quad (2)$$

Ayrık dalgacık dönüşümü, tek boyutlu (1B) bir işaret için, işaretin doğrusal olmayan karakteristiğe sahip birbirine dik iki filtreden geçirilerek alçak ve yüksek frekans bileşenlerinin elde edilmesidir. 1B işaret için bu filtrelerin katsayıları (3) ve (4)'deki gibi tanımlanırlar.

$$\phi(x) = \sqrt{2} \sum_k h(k) \phi(2x-k) \quad (3)$$

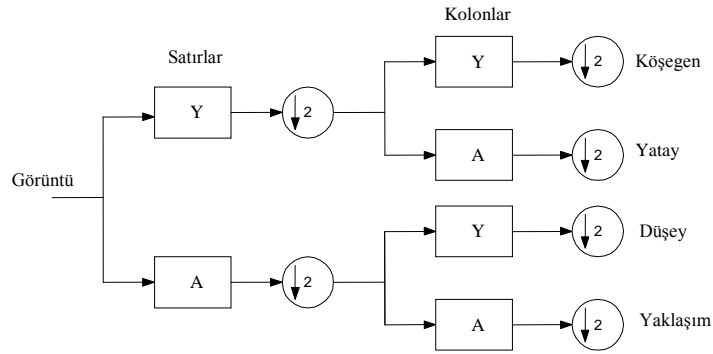
$$\psi(x) = \sqrt{2} \sum_k g(k) \phi(2x-k) \quad (4)$$

Burada filtre katsayıları,

$$g(k) = (-1)^k h(1-k) \quad (5)$$

olmak üzere dik olma şartını sağlarlar. Filtre katsayıları olarak $\phi(x)$ kullanılırsa alçak geçiren filtre ve $\psi(x)$ kullanılırsa yüksek geçiren filtre elde edilmiş olur [5,6].

İki boyutu (2B) dalgacık dönüşümleri 1B de uygulanan yöntemin satır ve sütun olarak genişletilmiş bir uygulamasıdır. Şekil 1'de bir imgenin bir defa dalgacık dönüşümüne tabi tutulmasını göstermektedir.



Şekil 1. İki boyutlu dalgacık dönüşümü
(Figure 1. 2D wavelet transform)

Satırlar alçak (L) ve yüksek (H) geçiren filtrelerden geçirildikten sonra örnek azaltımı yapılır. Daha sonra, bu filtre sonuçları aynı filtre katsayıları kullanılarak tekrar alçak ve yüksek geçiren filtrelerden geçirilir ve tekrar örnek azaltımı yapılır. Sonuçta, geçirildiği filtre tipine göre Yaklaşım (AA), Düşey (AY), Yatay (YA) ve köşegen (YY) dalgacık dönüşümü sonucu katsayılar elde edilir. Sonuçta elde edilen, katsayılar iki boyutlu olup imge olarak sunulabilir.

Bu ayrıştırma yöntemi, örnek azaltılması sonucu ayrıştırılamayacak tek bir imge elemanı kalıncaya kadar her bir alt imgeye uygulanabilir. N işaretin uzunluğunu belirlemek üzere $\log_2(N)$ adet ayrıştırma derinli bulunabilir.

Dalgacık ve dalgacık paket dönüşümü ayrımı ise işte bu ilk ayrıştırmadan sonraki derinliklerdeki ayrıştırma mantığına göre isim değiştirir. Şöyle ki, elde edilen yüksek frekans bileşenlerini içeren köşegen, yatay ve dikey ayrıntı alt imgeleri eğer yeniden ayrıştırmaya uğruyorsa bu dönüşümün adı dalgacık paket dönüşümü ve sadece yaklaşım alt imgesi ayrıştırmaya uğruyorsa dalgacık dönüşümü olarak isimlendirilir.

Bu çalışmada genel olarak aynı şartlar içerisinde dalgacık ve dalgacık paket ayrıştırmasının gürültü temizlemede etkinliği araştırılmıştır.

4. DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ GÜRÜLTÜ TEMİZLEMESİ VE METRİK ÖLÇÜM (WAVELET TRANSFORM DENOISING AND METRIC)

Donoho ve Johnstone, yaptığı çalışmalarda genel eşikleme asimtotik olarak en uygun yöntem olduğu göstermiştir. Bir diğer çalışmada ise, genel eşikleme yöntemini Stein'nin önyargısız risk kestirimi (SURE-Stein's Unbiased Risk Estimator) kriterine uygun olarak geliştirerek yumuşak eşikleme yöntemini önermiştir (Donoho 1994,1995,Gupta 2002).

Genel eşikleme için iki boyutlu görüntü işaretleri için dalgacık ayrıştırması için (6) ve dalgacık paket ayrıştırması için ise (7)'de verilmiştir.

$$t = \sigma \sqrt{2 \log(mn)} \quad (6)$$

$$t = \sigma \sqrt{2 \log[mn \log(mn) / \log(2)]} \quad (7)$$

Burada, σ^2 , gürültü değişintisi, m ve n imge boyutlarını ifade etmektedir. Yumuşak eşikleme ise şöyle tanımlanmıştır.

$$c(n,m) = \begin{cases} x-t, & x \geq t \\ 0, & |x| < t \\ x+t, & x < -t \end{cases} \quad (8)$$

Burada, t kestirilen gürültü eşik seviyesi, $c(m,n)$ eşiklenmiş katsayı alt imgesidir. Alt imgeler ters dönüşüm ile birleştirilerek gürültüden temizlenmiş imge $g(m,n)$ elde edilir.

İyileştirme miktarı yada diğer bir deyişle imge kalitesi, görüntü verileri değerlendirilerek nesnel ve kişilerin değerlendirmesi ile öznel ölçülebilir. Öznel ölçümde, imge insanlara sorularak bir puanlama yapması istenir. Nesnel görüntü kalite ölçümü insan görme sisteminden bağımsız olarak gerçekleştirildiğinden imge işleme uygulamalarında önemli yer tutar.

Gürültü temizleme uygulamalarında, asıl ve gürültüden temizlenmiş imgeler mevcut olduğundan işaret gürültü oranı belirlenebilir. Literatürde, yaygın olarak PSNR tanımından faydalanılır:

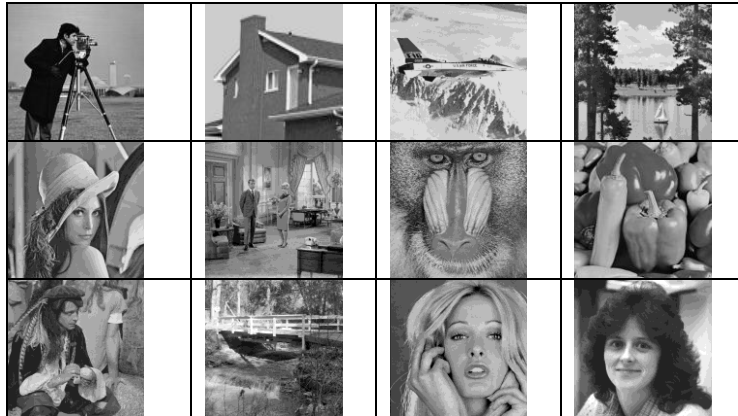
$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |f(m,n) - f_n(m,n)| \quad (9)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{Max}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (10)$$

Burada, $f(m,n)$ asıl imgeyi $f_n(m,n)$ gürültülü imgeyi, Max imgedeki en büyük piksel değeridir.

5. UYGULAMALAR (IMPLEMENTATIONS)

Dalgacık ve dalgacık paket ayrıştırması ile gürültülü imge temizlemesi için Şekil 2'de gösterilen test imgeleri kullanılmıştır.



Şekil 2. Standart test imgeleri
(Figure 2. Standart test images)

Testler, Şekil 2'de verilen imgelere belirli oranlarda rastgele gürültü eklenmiş ve bu gürültü belirtilen yöntemler kullanılarak temizlenmeye çalışılmıştır.

Yöntemlerin karşılaştırılması için ilk önce hem dalgacık hem de dalgacık paket ayrıştırması için yukarıda belirtilen kriterler çerçevesinde etkili oldukları ayrıştırma derinliği belirlenmiştir. Bu amaçla, gürültü oranı $\sigma=20$ olan normal dağılımlı rastgele gürültü eklenmiş ve genel olarak kabul gören symlet6 dalgacığı ile altı derinliğine kadar ayrıştırma yaparak, ayrıştırma derinliğine göre PSNR

grafiği elde edilmiştir. Test için beş numaralı 'lena' imgesi kullanılmıştır.

Ayrıştırma derinliğine göre elde edilen PSNR değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Derinlik arttıkça, ayrıştırma aşamasında filtreleme sayısı artmakta ve işlem yükü artmaktadır. Tablodan görüleceği üzere dalgacık ayrıştırması, dalgacık paket ayrıştırmasına göre işaret gürültü oranını daha fazla artırdığı, yani imge kalitesini artırdığı görülmektedir.

Tablo 1. Ayrıştırma derinliğine göre PSNR'ler
(Table 1. PSNR results for decomposition degree)

Derinlik	Dalgacık	Dalgacık Paket
1	27.5675	23.5188
2	28.6975	23.8648
3	27.0835	23.8659
4	25.9372	23.8122
5	25.4936	23.8509
6	25.2886	23.8888



Şekil 3. Gürültülü imge ($\sigma=20$)
(Figure 3. Noisy image) ($\sigma=20$)



Şekil 4. Dalgacık ayrıştırması
(Figure 4. Wavelet decomposition)



Şekil 5. Dalgacık paket ayrıştırması
(Figure 5. Wavelet package decomposition)

En yüksek işaret gürültü oranı ise ikinci seviyede yakalanmaktadır. Bu derinlikten fazla bir ayrıştırma ile temizleme yapmak az da olsa etkinliği azaltırken, işlem yükünü artırmaktadır. İleriki aşamalarda bu nedenle ayrıştırma derinliği iki olarak seçilmiştir.

Şekil 3'de gürültü ilave edilmiş bir imge parçası verilmiştir. Şekil 4'te dalgacık ayrıştırması ve Şekil 5'te ise dalgacık paket ayrıştırması kullanılarak gürültüden temizlenmiş imge şekli görülmektedir. Şekiller incelendiğinde, dalgacık ayrıştırmasının gürültüyü azaltmak amacıyla imgeyi daha fazla yumuşattığı görülmektedir

Tablo 2'de ise ayrıştırma derinliğinin iki olması, sigma $\sigma=20$ olmak üzere, Şekil 2'de verilen standart test imgelerinin tamamı için gürültü temizleme PSNR değerleri verilmiştir. İkinci sütunda, önceki PSNR değerleri verilmiştir. Tabloda, ikinci satırda ise her bir sütunun ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Ortalama değerler açısından bir inceleme yapılırsa, dalgacık ayrıştırmasının daha etkin olduğu görülecektir. Fakat dalgacık paket ayrıştırması ortalama olarak dalgacık ayrıştırmasından oldukça aşağılarda kalmakla beraber, standart sapma değerlerine bakılırsa her hangi bir imge için yaklaşık aynı iyileştirme oranını garanti etmektedir. İmgenin, ayrıntılı bir imge olması veya daha yumuşak geçişler içeren imge olması performansını pek etkilemediği görülmektedir.

Tablo 2. Test imgelerine göre PSNR'ler, ortalama ve standart sapma
(Table 2. PSNR ,mean and standart deviation results for test images)

İmge Numarası	Gürültülü İmge	Dalgacık	Dalgacık Paket
1	22,1025	28,4027	23,5061
2	22,1207	32,1569	23,9498
3	22,1158	27,6022	23,4910
4	22,0961	25,9706	23,4191
5	22,1363	28,5242	23,8247
6	22,1250	25,5781	23,4135
7	22,1134	23,9978	23,4460
8	22,1064	28,7279	23,8555
9	22,1197	26,7599	23,4452
10	22,1207	23,6159	23,3180
11	22,1019	26,7269	23,4320
12	22,1269	32,2283	23,9330
Ortalama	22,1155	27,5243	23,5862
Standart Sapma	0,176	3,8945	0,3523

Tablo 3. Farklı σ değerli gürültülü imgeler için PSNR'ler
(Table 3. PSNR results for different σ)

σ	Gürültülü İmge	Dalgacık	Dalgacık Paket
10	28.1290	30.6400	31.2422
20	22.1287	28.7298	23.8837
30	18.5996	27.2506	19.5359
40	16.0856	25.8567	16.8010
50	14.1377	24.6485	14.7299
60	12.5706	23.3838	12.5693
70	11.2433	22.3546	11.2262
80	10.0527	21.4137	10.0484
90	9.0292	20.5210	9.0646
100	8.1445	19.6591	8.1171

Tablo 3'de ise sigma (σ) değerinin farklı değerleri için PSNR değerleri verilmiştir. İlave gürültü oranı oldukça fazla arttırılarak ayırıştırma yöntemlerini performansı araştırılmıştır. Gürültü gücünün artması özellikle dalgacık paket ayırıştırmasını etkilemiş, aşırı gürültülü imgeler için başarılı sonuçlar sunamamıştır.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada son yıllarda oldukça fazla uygulama alanı bulan dalgacık dönüşümü temelli gürültü temizleme teknikleri üzerine araştırma yapılmıştır. Çalışmada, dalgacık ve dalgacık paket ayırıştırma yöntemlerinin bir birlerine göre gürültü temizleme açısından etkinlikleri araştırılmıştır. Farklı ayırıştırma derinliği, farklı test imgeleri ve farklı seviyede gürültülü imgeler için yapılan çalışmada dalgacık ayırıştırma yöntemin daha olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çalışma sadece, dalgacık ve dalgacık paket ayırıştırmasının yöntem olarak etkinliğini belirlemeyi hedeflemiştir.

Dalgacık temelli dönüşüm için genel olarak iki çeşit dönüşüm, dalgacık dönüşümü ve dalgacık paket dönüşümü, yaygın olarak kullanılmaktadır. Dalgacık dönüşümünü, dalgacık paket dönüşümünden ayıran fark ayrıntı bileşenlerinin ayırıştırma derinliğine göre ayırıştırma tabii tutulmasıdır. Dalgacık paket dönüşümünde ise ayrıntı bileşenleri her derinlikte yaklaşım katsayıları gibi ayırıştırma tabii tutulur.

Sunulan bu çalışmada, dalgacık ve dalgacık paket dönüşümünün imgeden gürültü temizlenmesinde etkinlikleri Matlab ortamında yazılan

programlar ile araştırılmıştır. Bu amaçla aynı derinlik ve eşikleme biçimi için performans araştırılması yapılmıştır. Gürültü güderimi sonucunda, yöntemlerin etkinliğini ölçmek için genel kabul görmüş tepe işaret-gürültü oranı (Peak Signal to Noise Ratio - PSNR) tanımından faydalanılmıştır.

Gürültüden temizleme için literatürde önerilen eşik değeri belirleme ve eşikleme yöntemleri incelenmemiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Donoho, D.L., (1993). "De-noising by Soft Thresholding", IEEE Trans. Info. Theory, vol.43, pp.933-936.
2. Chang, S.G., Yu B., and Vattereli, M., (2000). "Adaptive Wavelet Thresholding for Image Denoising and Compression", IEEE Trans. Image Processing, vol.9, pp.1532-1546.
3. Lang, M., Guo H., and Odegard, J.E., (1995). "Noise Reduction Using Undecimated Discrete Wavelet Transform", IEEE Signal Processing Letters.
4. Daubechies, I., (1992). "Ten Lectures on Wavelets", Philadelphia, SIAM.
5. Vetterli M. and Herley, C., (1992). "Wavelet and Filter Banks: Theory and Design", IEEE Trans. Signal Processing, vol.40, pp.2207-2232.
6. Donoho D.L. and Johnstone, I.M., (1994). "Ideal Spatial Adaptation via Wavelet Srinkage", Biometrika, vol.81, pp.425-455, 1994.
7. Donoho, D.L., (1995). "De-noising by Soft Thresholding", IEEE Trans. on Information Theory, vol.41, no.3, pp.613-627.
8. Gupta S. and Kaur, L., (2002). "Image Denoising Using Wavelet Thresholding", Conf. Proceedings, ICVGIP, 2002.