

# SAR GÖRÜNTÜLERİNDEKİ BENEK GÜRÜLTÜSÜNÜ GİDERMEK İÇİN LEE SÜZGEÇİNİN KULLANILMASI

*Erhan Alparslan, Hülya Yıldırım, Samuray Elitaş, Cihangir Aydöner  
Marmara Araştırma Merkezi, TÜBİTAK, P.K. 21, 41470 Gebze, Kocaeli  
e-posta : hulya@mam.gov.tr*

## ÖZET

SAR görüntülerindeki benek gürültüsünü gidermede kullanılan etkin bir yöntem olan Lee süzgeciyle süzme yöntemi tanıtılmakta, bu yöntem alışagelmiş süzme yöntemleriyle uygulamalı olarak karşılaştırılmakta ve üstünlükleri vurgulanmaktadır. Uygulama alanı olarak İstanbul ilinde Haliç ve civarı seçilmiştir.

## 1. GİRİŞ

SAR görüntülerinin en önemli sorunlarından birisi görüntülerin netliğini azaltan ve gözle yorumlamayı zorlaştıran bütün görüntü üzerine yayılmış benek gürültüler (speckle)'dir. [1-2]. Bu durum, SAR uydu görüntülerini yorumlayan bir kişinin ince ayrıntıları çözümlemesini olumsuz etkilemektedir. Benek gürültüsü, doğal hedeflerden geliştiği güzel ve düzensiz değişimlerle geri saçılan işaretlerin SAR görüntüsüne piksel olarak yansımalarıdır. Uydu görüntüsü kullanılarak yapılacak sağlıklı bir çalışma öncesi, benek gürültüsünün SAR görüntülerinden temizlenmesi gerekmektedir.

Görüntülerdeki gürültüleri temizlemekte yaygın olarak kullanılan alışagelmiş yöntemler vardır. Bunlar, kenar bilgisini koruyarak gürültüleri temizleyen orta-değer süzgeci (median filter), bir piksel etrafındaki komşuları göz önüne alarak, o pikseli komşulukta en çok rastlanan piksel değeriyle değiştiren süzgeç (mode filter) ve pikseli komşuluğunun ortalama piksel değeriyle değiştiren süzgeçtir (mean filter), vb.[3-7]. Genelde başarılı bir benek gürültü süzgecinde aranan özellikler ise tekdüze alanlarda değişimin azaltılması, görüntüdeki kenar ve hatların korunması, nokta saçılımının yok edilmesi, uzamsal değişimin korunması ve yapay sonuçlardan kaçınılmasıdır. Bunu sağlayan yeni süzgeçler arasında ise Frost uyumlu süzgeci ve Lee tarafından geliştirilen süzgeç gelmektedir[8-11]. Lee süzgecinin özellikleri, komşuluk istatistiksel özellikleri hesaba katması, yüksek frekansları, (kenarları, keskin nitelikleri ve çizgileri) koruyarak görüntüyü yumuşatmasıdır. Lee süzgeciyle her piksel, komşuluk istatistikleri; (komşuluk ortalama değeri, komşuluk gri seviye değişimi, komşuluk ortalama katlayan gürültü ve değişimi) göz önüne alınarak yeniden hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ilk önce çalışma alanı tanıtılmakta, sonra alışagelmiş süzgeçlerden ortalama değer süzgeci, orta-değer süzgeci ve sık rastlanılan değer süzgeci anlatılmakta, daha sonra radar görüntülerini süzmekte başarılı olan Frost uyumlu süzgeci ve Lee süzgeci tanıtılarak, elde edilen sonuçlar kıyaslamalı olarak verilmektedir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, İstanbul ilindeki Topkapı sarayı ve Gülhane parklarının bulunduğu Eminönü yarımadası, Haliç, Galata ve Saraçhane köprüleri, Karaköy, Dolmabahçe ve Yıldız parklarını içine almakta olup, bu yörenin SAR görüntüsü Şekil 1 de verilmektedir. Seçilen çalışma bölgesi, farklı dokuları içeren, yoğun yerleşim alanıdır. Benek gürültü, Şekil 1'de de görüldüğü gibi hem karada hem de denizde olmak üzere bütün görüntü üzerine yayılmış olup, 25m x 25m çözünürlüğü olan bu görüntünün netliğini ve çıplak gözle yorumlanmasını olumsuz olarak etkilemektedir.



Şekil 1. Çalışma bölgesinin SAR görüntüsü

### 3. GÖRÜNTÜ SÜZME TEKNİKLERİ

Son yirmi yıldır bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle, iki boyutlu sayısal bir işaret olan görüntülerdeki gürültüleri temizleyerek görüntüleri düzeltmek için hem uzamsal bölgede hem de frekans bölgesinde süzme teknikleri geliştirilmiştir. Süzme tekniklerinin geliştirildiği en tanınmış frekans bölgeleri, Fourier dönüşümüyle geçilen Fourier bölgesi, Walsh, Hadamard dönüşümleriyle geçilen Walsh, Hadamard bölgeleridir[3-7]. Frekans bölgesinde, görüntü hakkındaki netlik bilgisi, genel bilgiler ve kontrast alçak frekans bölgesinde, ayrıntılar ve gürültüler ise yüksek frekans bölgesinde toplanır. Bu özellik kullanılarak, frekans bölgesinde süzme teknikleri geliştirilmiştir. Uzamsal bölgede kullanılan süzgeçler ise, dönüşüm zamanı gerektirmedikleri ve orta-değer süzgeci gibi bazılarının görüntülerdeki gürültüleri kenar bilgisi ve ince ayrıntılar gibi bazı yüksek frekans bilgilerini koruyarak temizledikleri için günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu süzgeçlerden, bu çalışmada kullanılacak olanlar, ortalama-değer süzgeci, orta-değer süzgeci ve sık-rastlanan-değer süzgecidir. Bu bölümde, bu süzgeçlerin SAR görüntülerindeki benek gürültüsünü temizlemekte ne kadar başarılı oldukları uygulamalı olarak tartışılacaktır.

#### 3.1 SÜZGEÇ PENCERELERİ

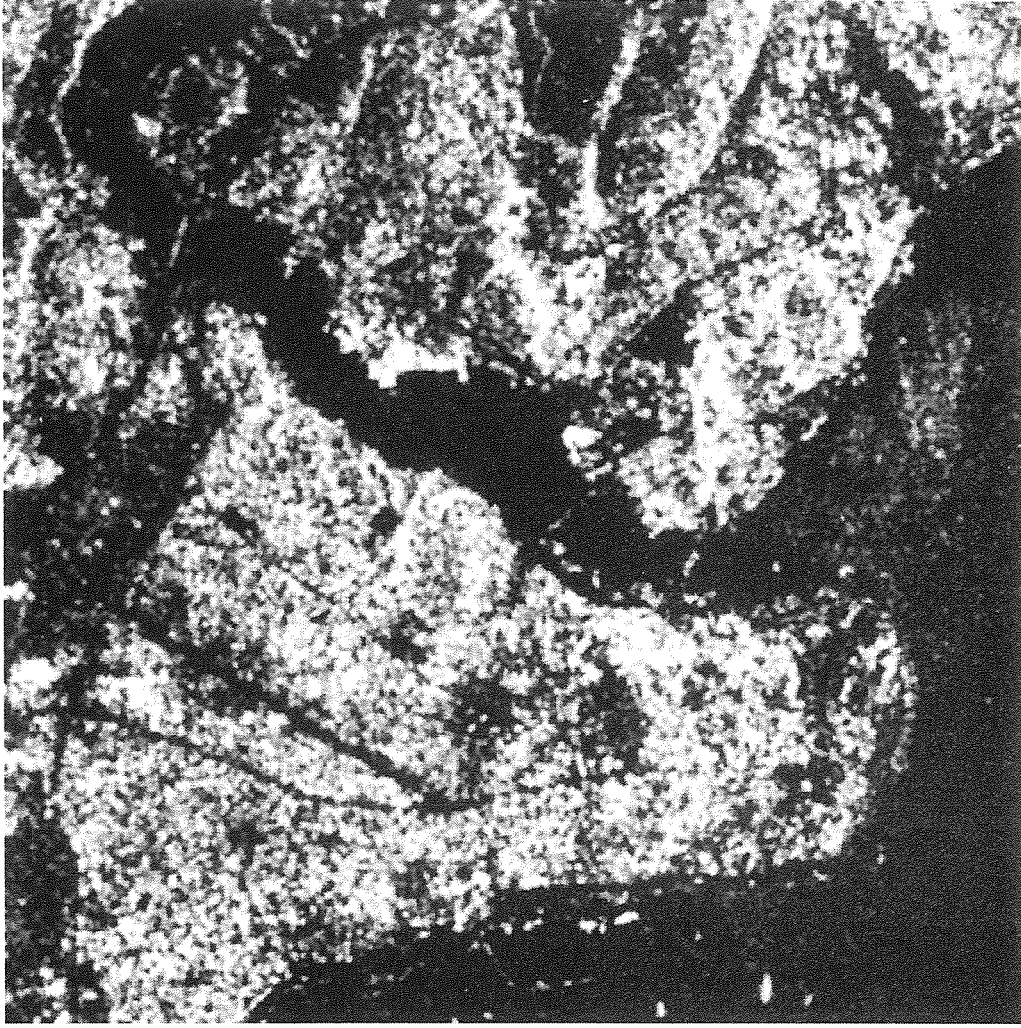
Uzamsal bölgede kullanılan süzgeçler, her süzülen pikselin çevresinde komşuluk adı verilen bir süzgeç penceresi kullanır. Süzülen piksel bu pencerenin merkezinde yer alır ve komşuluk ya kare biçiminde ya da çapraz biçimde ele alınır. Bu bildiride kullanılan pencereler kare biçimindedir.

Süzgeç penceresinin eni, süzgeç penceresinin merkezi bulunabilmesi için tek sayı olmak zorundadır. Uzamsal süzgeçler, süzgeç penceresindeki yerel istatistikleri, yani ortalama piksel değerini, ve ortalama piksel değişimini göz önünde tutarak süzme işlemini gerçekleştirir. Görüntü kenarlarında kalan sıralar ve satırlardaki pikseller, kendilerini çevreleyen bir süzgeç pencereleri bulunmadığı için süzülemezler. Süzülen görüntünün bütünlüğünü bozmamak için bu satır ve sütunlar işlenmeden sonuç görüntüye aktarılır. Bu bildiriye ortak olarak kullanılacak görüntü ve süzgeç penceresiyle ilgili olarak atıfta bulunulacak bazı parametreler, aşağıda matematiksel olarak ifade edilmişlerdir.

N	Görüntü eni	(3.1)
M	Görüntü boyu	
L	Süzgeç penceresi eni	
k,	$-\frac{L}{2} \leq k \leq \frac{L}{2}$ ,	Yatay pencere değişkeni
l,	$-\frac{L}{2} \leq l \leq \frac{L}{2}$ ,	Dikey pencere değişkeni
i,	$1 + \frac{L}{2} \leq i \leq N - \frac{L}{2}$ ,	Yatay görüntü değişkeni
j,	$1 + \frac{L}{2} \leq j \leq M - \frac{L}{2}$	Dikey görüntü değişkeni
$x_{i,j}$ ,		(i,j)' deki işlenmemiş piksel
$x_{i,j}^s$ ,		(i,j)' deki süzülmüş piksel
$\bar{x}_p = \frac{1}{L^2} \sum_k \sum_l x_{i+k,j+l}$		LxL süzgeç penceresindeki ortalama değer
$\sigma_p^2 = \frac{1}{L^2} \sum_k \sum_l (x_{i+k,j+l} - \bar{x}_p)^2$ ,		LxL süzgeç penceresindeki varyans
$\sigma_p$		Süzgeç penceresindeki standart sapma

### 3.2 ORTALAMA DEĞER SÜZGEÇİ (MEAN FILTER)

Ortalama değer süzgeci her pikseli çevreleyen dikdörtgen bir süzgeç penceresindeki piksel değerlerini toplayarak, merkezdeki piksel değerini süzgeç penceresinin ortalama piksel değeriyle değiştirir. Bunun sonucunda gürültüler elenerek görüntü yumuşatılır. Bu uygulamada görüntüyü aşırı yumuşatmamak, sadece benek gürültüsünü elemek amaçlandığı için süzgeç penceresinin eni olabildiğince küçük, L=3 ve kare olarak alınmıştır. Matematiksel olarak ifade edilecek olursa, süzülen görüntü elemanları (3.2) 'le hesaplanmaktadır.



Şekil 2. Ortalama değer süzgeciyle süzülmüş görüntü

$$x_{i,j}^s = \bar{x}_p = \frac{1}{L^2} \sum_k \sum_l x_{i+k,j+l} \quad (3.2)$$

(3.2) bağıntısındaki değişkenler (3.1)'de tanımlanmıştır. Daha geniş süzgeç pencereleri görüntüdeki ayrıntıları yok ederek, bulanık bir görüntü üretmektedir. Bahsedilen süzgeçle süzülen görüntü Şekil 2 de görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi görüntü yumuşamış, ve netliği olumsuz etkileyen benek gürültüleri elenmiştir. Fakat ince ayrıntılar, gürültülerle birlikte elenmiştir.

### 3.3 ORTA-DEĞER SÜZGEÇİ (MEDIAN FILTER)

Orta-değer süzgeci her pikseli çevreleyen dikdörtgen süzgeç penceresindeki gri seviye değerlerinin orta-değerini bulur. Bu işlemin görüntü kenarlarını koruyarak görüntüyü yumuşatma etkisi bulunmaktadır. Çalışma bölgesindeki gürültülerin aynı cinsten olduğu göz önünde tutularak 3 x 3 boyutlarında kare bir süzgeç penceresi bu uygulamada kullanılmıştır. Matematiksel olarak ifade edilecek olursa, süzülen görüntü elemanları (3.3) ifadesiyle hesaplanır:



Şekil 3. Orta değer süzgeciyle süzülen görüntü

$$x_{i,j}^s = \text{orta-değer}(x_{i+k,j+l}) \quad (3.3)$$

(3.3) bağıntısındaki değişkenler (3.1) bağıntısında tanımlandığı gibi olup, orta-değer, süzgeç penceresindeki gri seviyelerinin orta noktaya kadar küçükten büyüğe sıralanması ve orta noktadaki grilik seviyesinin alınmasıyla bulunmaktadır. Çalışma bölgesine bahsedilen orta-değer süzgecinin uygulanmasıyla Şekil 3'te verilen süzölmüş görüntü elde edilmiştir. Bu görüntüde darbe şeklindeki gürültülerin temizlendiği ve kenar bilgilerinin kısmen korunduğu fakat benek gürültünün tamamen temizlenemediği yumuşak bir görüntü elde edildiği görülmektedir.

### 3.4 EN SIK RASTLANAN DEĞER SÜZGEÇİ (MODE FILTER)

En sık rastlanan değer süzgeci her pikseli çevreleyen dikdörtgen süzgeç penceresindeki en sık rastlanan gri seviyesiyle süzgeç penceresinin merkezindeki pikselin değerini değiştirir. Görüntüdeki gürültüler, süzgeç penceresinde en sık rastlanan gri seviyesi olmadıkları için elenir ve gürültülerden arıtılmış temiz bir görüntü elde edilir. Matematiksel olarak ifade edilecek olursa, süzölmüş görüntü elemanları (3.4) bağıntısıyla elde edilir.



Şekil 4. En sık rastlanan değer süzgeciyle süzülen görüntü

$$x_{i,j}^s = \text{en - sık - rastlanan - değer}(x_{i+k,j+l}) \quad (3.4)$$

(3.4) bağıntısındaki değişkenler, (3.1) bağıntısında tanımlandığı gibi olup, en sık rastlanan değer, süzgeç penceresindeki farklı gri seviyelerinin sayılıp, hangi gri seviyesi en çoksa, o gri seviyesinin süzgeç penceresinin çıktısı olmasıyla bulunmaktadır. Çalışma bölgesinin yapısı göz önünde bulundurularak, 3x3 lük kare bir süzgeç penceresi ele alınarak Şekil 4 te verilen gürültüleri giderilmiş görüntü elde edilmiştir. Bu görüntüde görüldüğü gibi gürültüler elenmiş fakat görüntü netliği azalmıştır.

#### 4. SAR GÖRÜNTÜSÜ BENEK GÜRÜLTÜ SÜZGEÇLERİ

SAR görüntülerindeki benek gürültüyü gidermek için yerel istatistikleri göz önüne alan görüntü özelliklerine uyumlu yumuşatma teknikleri geliştirilmiştir[8-11]. Teorik olarak benek gürültüsünün negatif üslü bir dağılıma uyum gösterdiği ve standart sapma değerinin ortalama değerine eşit olması açısından katlayarak etkili olan bir gürültü olduğu kanıtlanmıştır[12]. Fakat, pratikteki uygulamalarda bir işaret-gürültü modeli türetmek zordur, çünkü işlenmemiş SAR verisinin sayısal işlenmesi oldukça karmaşık ve çeşitlilik isteyen bir işlemdir. SAR görüntülerini benek gürültüden arındırmak için hassasiyetle tanımlanmış bir istatistiksel model gerekmektedir. Bu modelde komşu pikseller arasındaki ilişki (correlation) ve olasılık dağılımı gibi istatistiksel özelliklerin kullanılması

gerekmektedir. Bu çalışmada, bu süzgeçlerin en bilinenlerinden Frost uyumlu süzgeci ve Lee benek gürültü giderici süzgeci tartışılacaktır.

#### 4.1 FROST UYUMLU SÜZGEÇİ

Frost uyumlu süzgeci, radar görüntülerindeki yüksek frekanslı özellikler olan kenarları ve görüntü keskinliğini koruyarak yüksek frekanslı gürültüleri temizleyen bir süzgeçtir. Bu süzgeç, üslü sönen dairesel simetriğe sahip bir katlama çekirdeği olup, yerel istatistikleri kullanarak görüntü özelliklerine uyum sağlamaktadır. Her pikseli çevreleyen süzgeç penceresinde, (4.1)'le tanımlanan  $m_{k,l}$  ağırlık değerleri hesaplanmaktadır.

$$m_{k,l} = e^{-A(|k|+|l|)}, \quad A = \left( \frac{\sigma_p^2}{x_p} \right)^2 \quad (4.1)$$

Pencere eni büyüdükçe gürültüler daha çok süzülmekte, fakat yumuşama etkisi de büyümektedir. Bu bakımdan,  $L=3$  alınmıştır. Süzülmüş piksel,  $x_{i,j}^s$ , (4.2) bağıntısıyla hesaplanmıştır. (4.1-2) 'de atıfta bulunulan değişkenler, (3.1)'de tanımlandığı gibidir.

$$x_{i,j}^s = \frac{\sum_k \sum_l x_{i+k,j+l} * m_{k,l}}{\sum_k \sum_l m_{k,l}} \quad (4.2)$$

Frost süzgecinin kullanılmasıyla elde edilen görüntü, Şekil 5'te verilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi bu süzgeçle yumuşak bir görüntü elde edilmiş, benek gürültüleri kaldırılmış, ve net bir görüntü elde edilmiştir.



Şekil 5 Frost süzgeciyle süzülen görüntü

## 4.2 LEE BENEK GÜRÜLTÜ SÜZGEÇİ

Lee tarafından SAR görüntülerindeki benek gürültüyü gidermek için önerilen süzgeç, görüntünün hem toplanan, hem de katlanan gürültüler tarafından bozulduğunu varsaymaktadır. Toplanan gürültü (4.2.1) bağıntısıyla tanımlanır:

$$z_{i,j} = x_{i,j} + w_{i,j} \quad (4.2.1)$$

Bu bağıntıda,  $z_{i,j}$ , algılanan piksel,  $w_{i,j}$  ise ortalama değeri 0 olan beyaz gürültüdür. Katlayan gürültü, benzer şekilde (4.2.2) bağıntısıyla tanımlanır:

$$z_{i,j} = x_{i,j} * w_{i,j} \quad (4.2.2)$$

Katlayan gürültünün ortalama değeri 1'e eşittir. Toplayan ve katlayan gürültünün varyans değerleri ise yerel olarak değıştikleri için bilinmemektedir. Lee tarafından geliştirilen modelde, görüntünün az kontrastlı olan bölgelerinde süzülen piksel değeri, yerel ortalama değere yaklaşmakta, böylece düz alanlarda insan gözünü rahatsız eden gürültüler elenmektedir. Yüksek kontrastlı bölgelerde, kenarlar, keskin nitelikler, çizgiler bulunan bölgelerde ise, süzülen piksel değeri, bozuk görüntü pikseline yaklaşmakta, böylece ince ayrıntılar korunmuş olmaktadır. Kenarların ve keskin niteliklerin bulunduğu yerel pencerelerde varyans belirli bir eşik değerinin üzerine çıkmakta, bu özellikten yararlanarak, bu pencerelerdeki kenarlar, kenar bulan yönsel maskelerle bulunmakta [13], böylece kenarları etkileyen gürültülerin de temizlenmesi mümkün olmaktadır. Süzgeç penceresi olarak, SAR görüntülerinde başarılı olan 7x7 lik bir kare pencere alınmıştır.



Şekil 6. Lee süzgeciyle süzülen görüntü



Hem toplayan, hem de katlayan gürültülerin varlığında, Lee tarafından önerilen (4.2.3) bağıntısı kullanılarak, benek gürültülü SAR görüntüsü süzölmüştür.

$$x_{i,j}^s = x_p + \frac{\sigma_p^2 * (x_{i,j} - \bar{x}_p - \sigma_+^2)}{(\sigma_p^2 + \sigma_p^2 + \sigma_+^2)} \quad (4.2.3)$$

Bu bağıntıda, değişkenler (3.1) de tanımlandığı gibidir.  $\sigma_+^2$ , toplanan gürültü varyansı olup, düz yerlerde bulunan varyans değerine eşit olarak alınmaktadır. Çalışma bölgemizin deniz alanındaki düz alanda bulunan 225 varyans değeri, bu parametreye eşitlenmiştir. Bu uygulamada Lee tarafından önerilen kenar gürültü temizlemesine gerek duyulmamıştır. Lee süzgeci kullanılarak elde edilen sonuç görüntü, Şekil 6 da da görüldüğü gibi benek gürültülerin kaldırıldığı ve sonuç görüntünün işlenmemiş görüntüye nazaran netlik kazandığı bir görüntüdür. Parametrelerin seçiminde gösterilecek özenin, süzgecin başarısına katkıda bulunacağı ve Lee'nin kenar yönünü göz önünde tutarak önerdiği iyileştirmeyle daha başarılı sonuçlar alınacağı muhakkaktır.

## 5. SONUÇLAR

Bu bildiri de, SAR görüntülerini süzmede ve benek gürültüsünü gidermede kullanılabilecek süzgeçlerden, ilk olarak görüntü işleme de yaygın olarak kullanılan alışı gelmiş uzamsal bölge süzgeçlerinden; ortalama-değer süzgeci (mean-filter), orta-değer süzgeci (mode-filter) ve en-sık-rastlanan-değer süzgeci(mode-filter) uygulamalı olarak tartışılmış, daha sonra radar görüntülerinde komşuluk esasına dayanarak yerel istatistiksel değerler hesaplayan, bu değerleri kullanarak süzme işlemini gerçekleştiren, Frost uyumlu süzgeci ve Lee süzgeci tanıtılmıştır. Uygulama alanı olarak İstanbul ilinin yoğun yerleşim bulunan Eminönü ve civarı alınmıştır. Alışı gelmiş süzgeçler, kenar bilgisini korumaya fazla özen göstermemeleri yüzünden SAR görüntüsünü yumuşaltmakta, fakat ince ayrıntıları kaybetmektedirler. SAR görüntülerini benek gürültüden temizlemekte Frost ve Lee süzgeçleri daha başarılıdır, çünkü insan gözünün duyarlı olduğu düz alanlarda gürültüyü temizlemektedirler, kenar bilgilerinin, ve keskin niteliklerin bulunduğu yerlerde görüntü korunmaktadır. SAR görüntülerindeki benek gürültülerin giderilmesi konusunda, uygulayıcının görüntüyü analiz ederek, düz alanları belirlemesi, buradaki varyansı belirlemesi gerekmektedir. Lee tarafından görüntü kenarları ve keskin niteliklerin bulunduğu bölgelerde gürültülerin temizlenmesi konusunda önerdiği iyileştirme, çalışma bölgemizin görüntüsüne uygulanmış, belirgin bir iyileşme görölmüştür.

## Kaynaklar

- [1]W.Goodman, "Some fundamental properties of speckle", Journal of Optical Society of America, Vol.66, No. 11, pp. 1145-1150, 1976
- [2]L.J.Porcello ve ark., "Speckle reduction in synthetic aperture radars", Journal of Optical Society of America, Vol.66, No. 11, pp.1305-1310, 1976
- [3]H.C.Andrews, B.R.Hunt, "Digital Image Restoration", Prentice Hall, N.J.; 1977
- [4]T.S.Huang, Ed., "Picture processing and digital filtering in Topics in Applied Physics", Vol.6, Springer Verlag, Berlin, 1975
- [5]A.Rosenfeld , A.C.Kak, "Digital Picture Processing", Academic Press, N. York, 1976
- [6]W.K.Pratt, "Digital Image Processing", Wiley, 1976
- [7]A.Lev,S.Zucker,A.Rosenfeld,"Iterative enhancement of noisy images", IEEE Trans.Syst.Man.Cybern.,SMC-7.No.6.pp.435-442, 1977
- [8]J.S.Lee, "Speckle analysis and smoothing of synthetic aperture radar images",Computer Graphics and Image Processing, Vol.17, pp.24-32, 1981
- [9]F.Naderi, A.A.Sawchuk, "Detection of low-contrast images in film-grain noise", Applied Optics, Vol.17, No.18, pp.2883-2891, 1978
- [10]J.S.Lee, "Digital image enhancement and noise filtering by local statistics", IEEE Trans.on Pattern Analysis and Mach.Intelligence, PAMI-2,No.2, pp. 165-168, 1980
- [11]J.S.Lee,"Refined filtering of image noise using local statistics", Computer Graphics and Image Processing, Vol.15,pp.380-389, 1981
- [12]H.Kato , J.W.Goodman, "Nonlinear filtering of coherent optical system through half-tone screen processes", Applied Optics, Vol.14, No.8, pp.1813-1824, 1975
- [13]G.S.Robinson, "Edge detection by compass gradient masks", Computer Graphics and Image Processing, Vol. 6, pp.402-501, 1977