



# Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü



## Radyolojik Görüntüleme Sistemlerinde Görüntü Kalitesinin Sayısal Olarak Değerlendirilmesi

Yard. Doç. Dr. Özlem Birgül

23 Kasım 2013, Antalya

# Amaç

---

- Gelişen dedektör teknolojisi ile farklı dedektörlerin performanslarının karşılaştırılması
- Farklı tanısal incelemelerde kullanılan parametrelerin görüntü kalitesine etkileri
- Kullanılan parametrelerin farklı hastalar için optimum olup olmadıklarının incelenmesi

# Sayısal Değerlendirme

---

1. Sayısal olarak fiziksel ölçümlerin yapılması (DQE)
2. Kullanıcı gözlemlerinin sayısal olarak belirlenmesi (konrast-detay)
3. Tanısal doğruluğun sayısal olarak ölçülmesi (ROC)

# Değerlendirmeler

---

- Genel parametrelerin değerlendirilmesi
- Uzaysal-frekansa bağlı değerlendirme
- Görüntü işleme
- Kullanıcı yorumlamaları

# Genel Parametreler

---

- Doğrusallık
- Artefaktlar
- SNR
- Saçılan radyasyon miktarı
- NEQ ve DQE

# Artefaklar

---

- Görüntü güçlendirici (bozulmalar, vignetting)
- Tarayarak okuma sistemlerinde tarama yönü ve satırları arasında hatalar
- Geniş alan dedektörleri (flat-panel dedektörleri)
  - Piksel tepkisinde değişmeler
  - Ölü pikseller/satırlar

# Saçılmanın Değerlendirilmesi

---

- Demet durdurma (beamstop)
- Grid çizgilerinin gözle incelenmesi
- NPS'in gridli ve gridsiz olarak değerlendirilmesi

# Saçılma azaltma yöntemleri

---

- Grid
  - Hava boşluğu
  - Slit tarama
- 
- Kabul edilemeyen artefaklar oluşuyor mu?
  - Kontrast iyileştirme yeterli mi?



- Işınlama verimliliğinin ölçüsü
- Verilen dozda elde edilebilecek en yüksek SNR değeri
- Toplam görüntü kalitesi ile ilgili en uygun ölçüt

# Modülasyon Transfer Fonksiyonu

---

Optik Transfer  
Fonksiyonu

Nokta Dağılım  
Fonksiyonu (PSF)



$$OTF(u, v) = FT\{PSF(x, y)\}$$

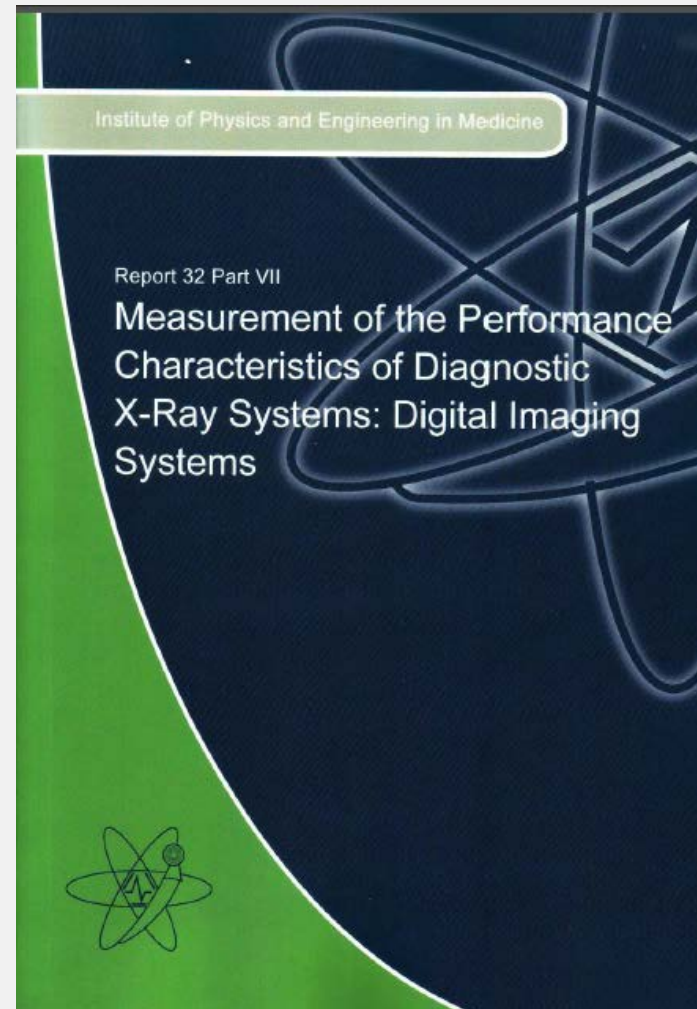
$$MTF(u, v) = |OTF(u, v)|$$

# Standartlar

IEC 62220 1-2-3

IPEM Report 32 Part VII  
(2010)

- Section 6 “Quantitative Data Analysis”



# STP Düzeltmesi

---

- Dedektör tepkisine bağlı olarak görüntünün düzeltilmesi

doğrusal

$$PV = a + b.K \quad \longrightarrow \quad PV_{lin}(x_i, y_j) = (PV(x_i, y_j) - a) / b$$

logaritmik

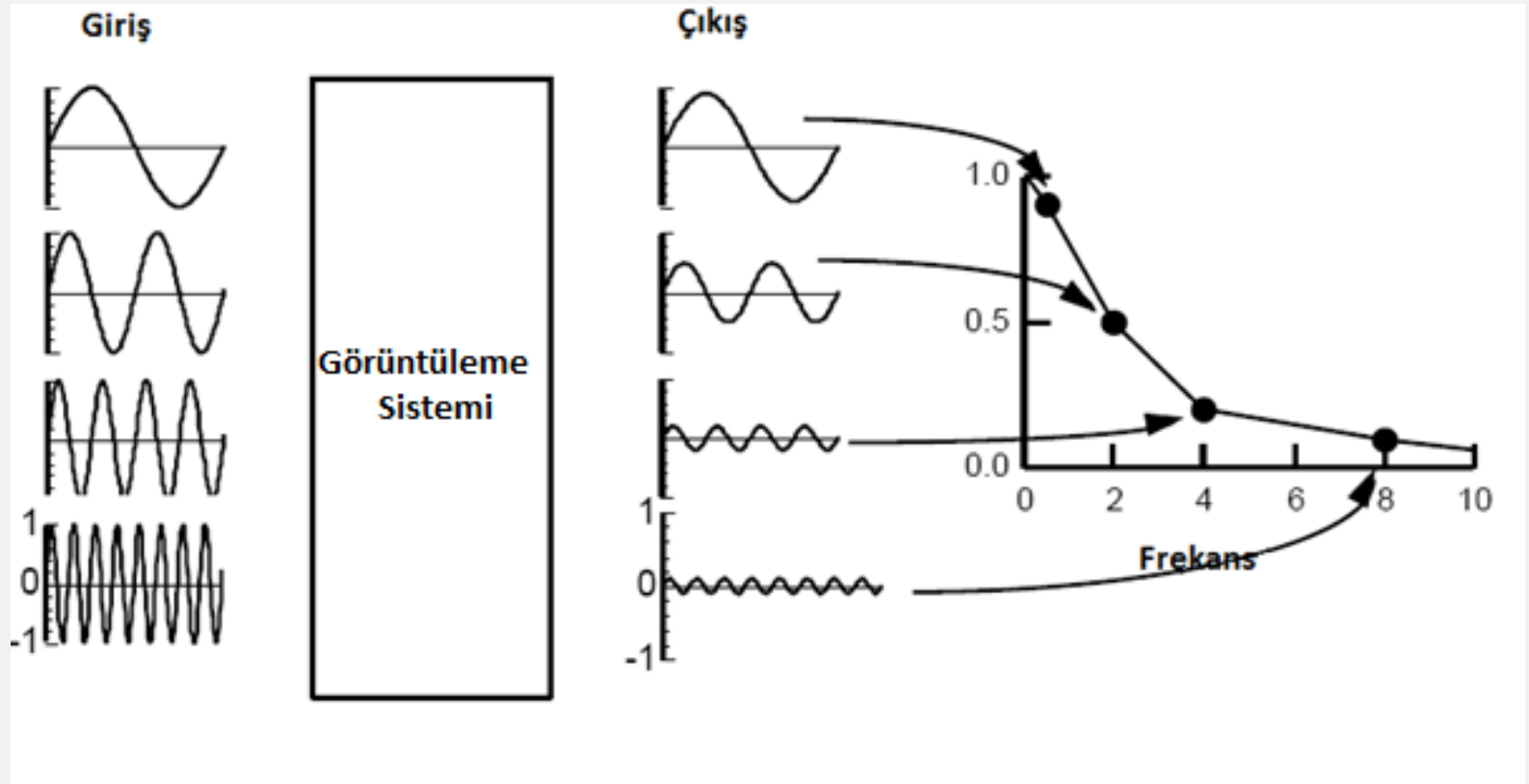
$$PV = a + b.\ln(K) \quad \longrightarrow \quad PV_{lin}(x_i, y_j) = \exp((PV(x_i, y_j) - a) / b)$$

üstel

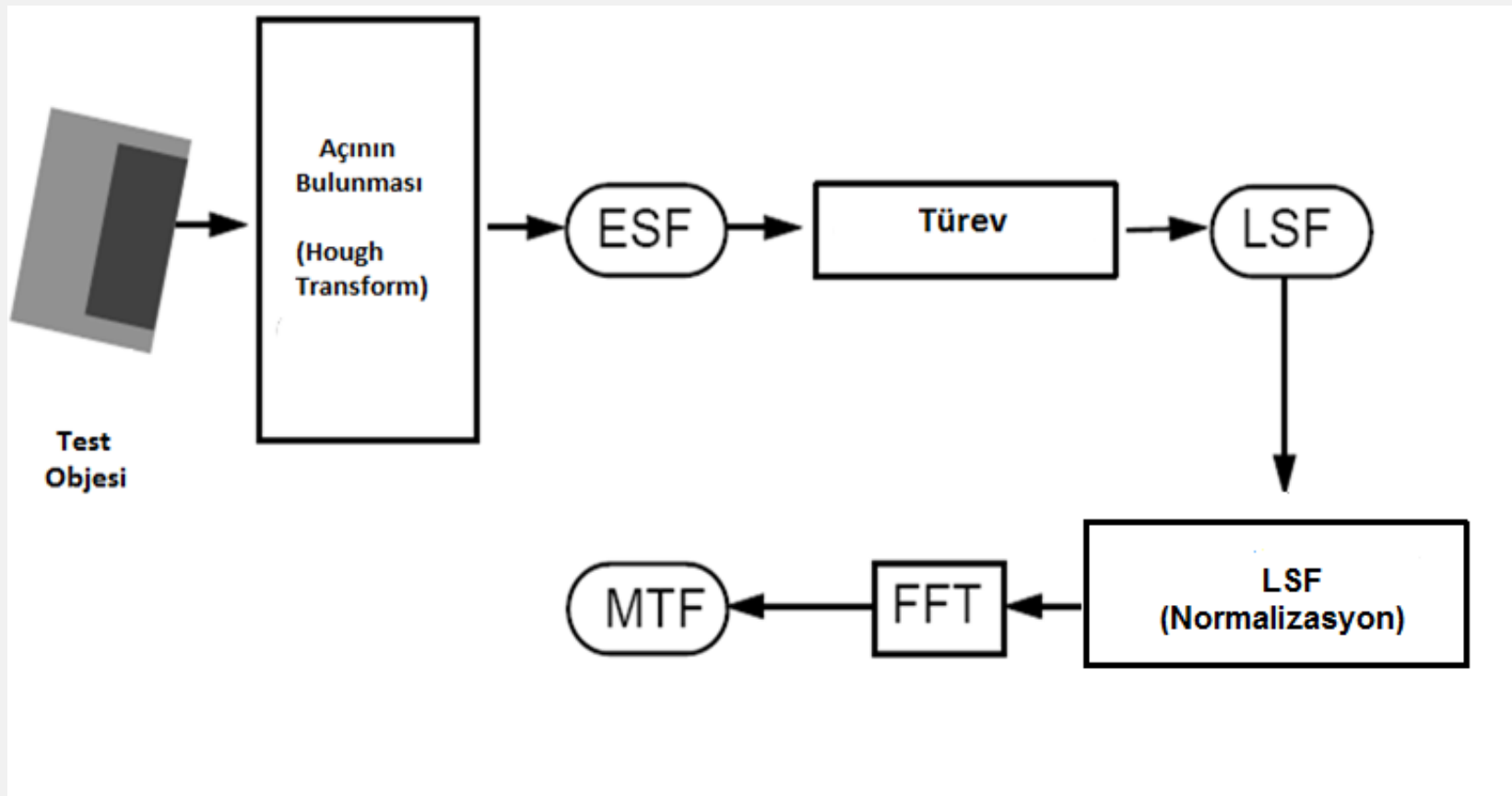
$$PV = a + b.K^c \quad \longrightarrow \quad PV_{lin}(x_i, y_j) = ((PV(x_i, y_j) - a) / b)^{1/c}$$

# Modülasyon Transfer Fonksiyonu

- Radyolojik görüntüleme sisteminin frekans ortamında **ayırma gücünü** belirleyen bir parametre.

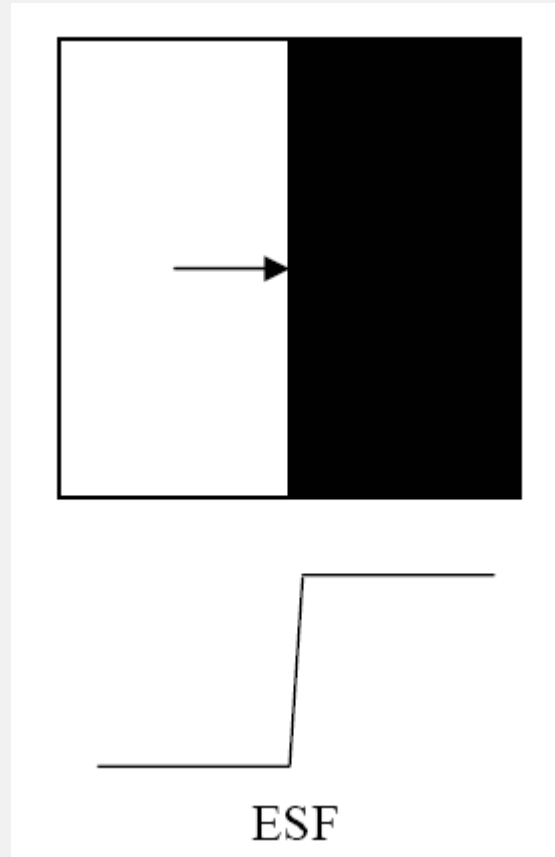


# Modülasyon Transfer Fonksiyonu



# Kenar Dağılım Fonksiyonu (ESF)

- Yarı Fantom Görüntü Metodu
- Çizgi Desen Fantomu Metodu
- Kenar Görüntüleme Metodu



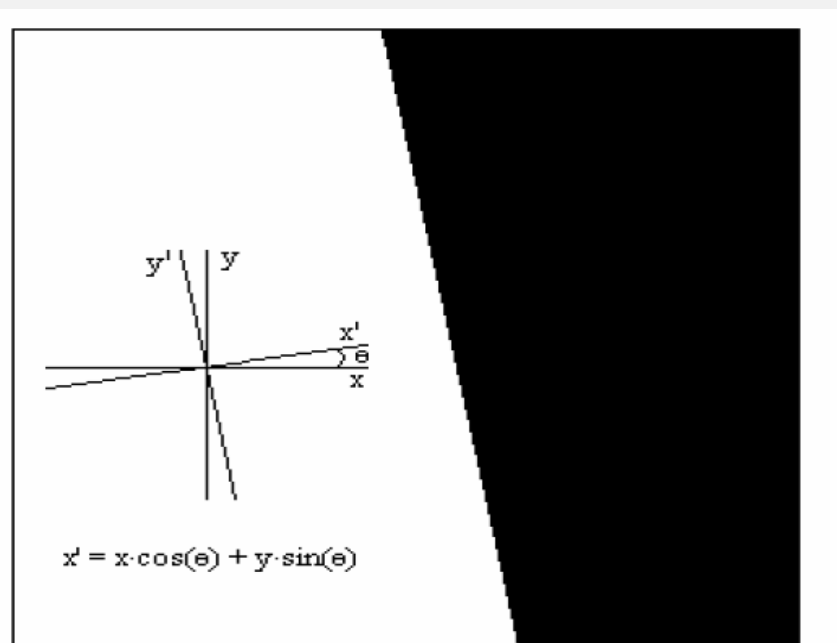
# Kenar Dağılım Fonksiyonu (ESF)

- Eğimli kenar görüntüsünden dolayı piksellerin koordinatları değişmektedir.

Yeni oluşan koordinatlar :

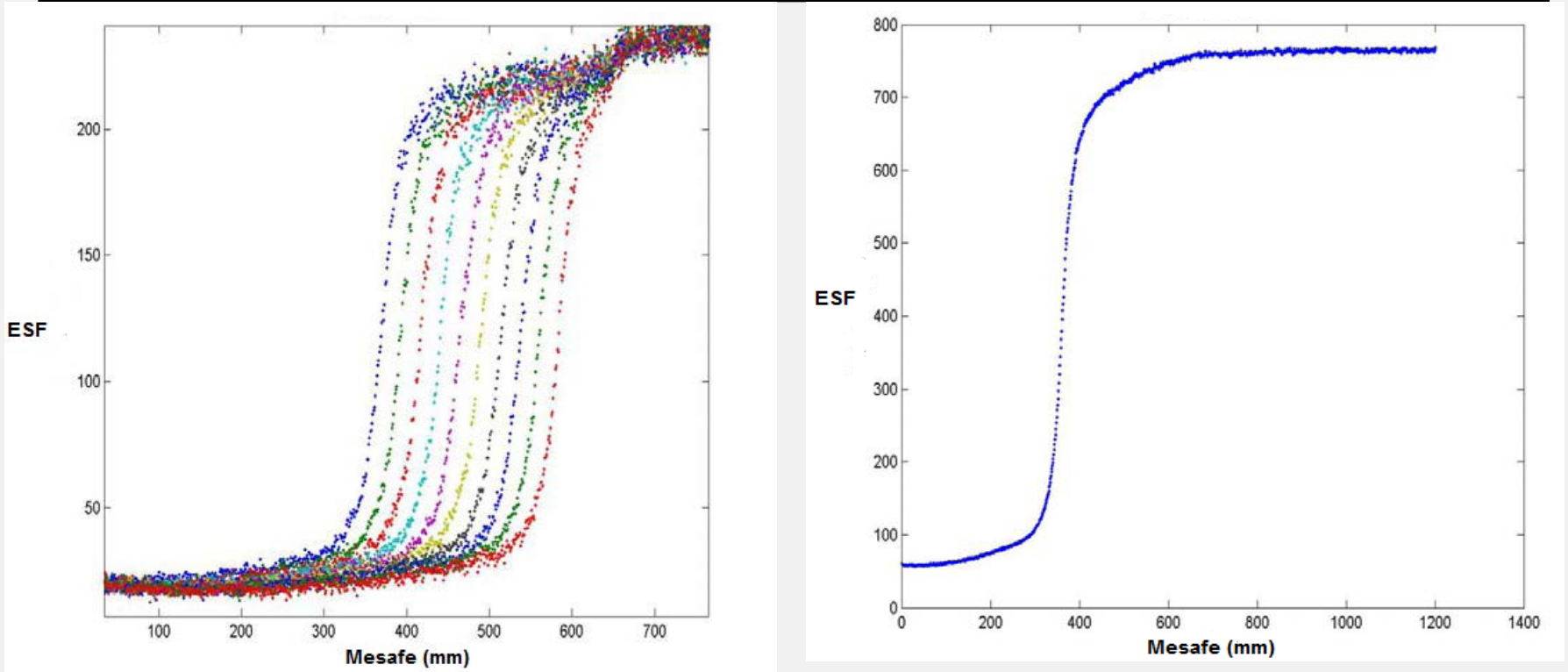
$$x_{krd} = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y_{krd} = y \cos \theta - x \sin \theta$$



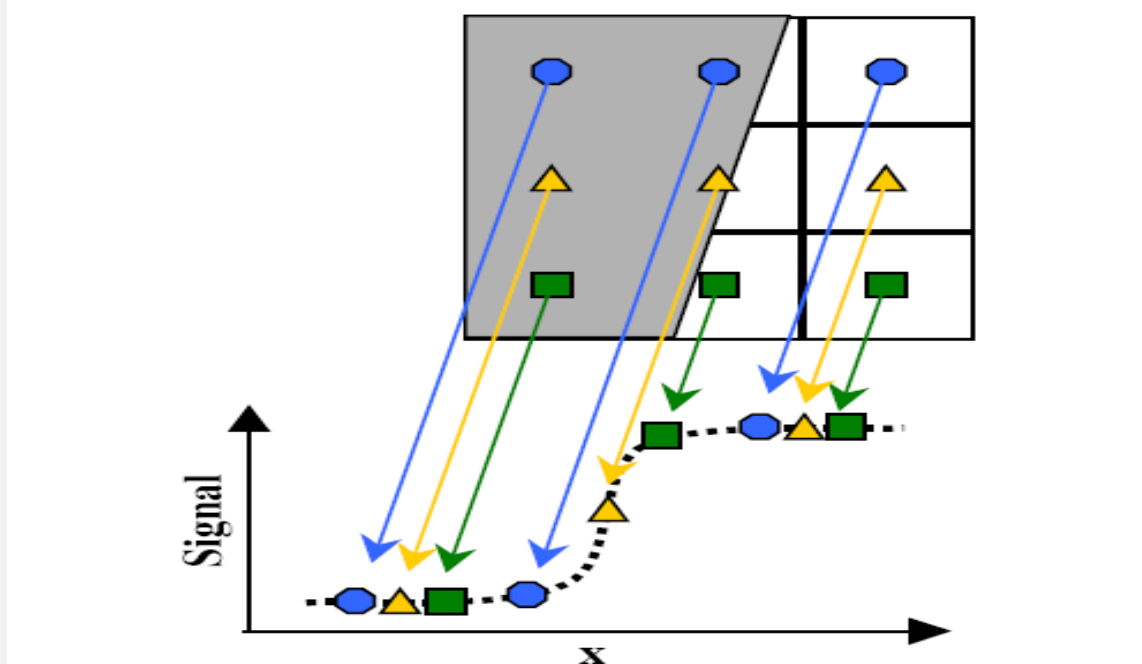


# Kenar Dağılım Fonksiyonu (ESF)



- Bir kenar görüntünün herhangi bir satırından profil alınarak o satırın kenar dağılım fonksiyonu elde edilebilir.
- Ancak tüm görüntüden (seçilen ilgi alanından) kenar bilgisinin daha detaylı elde edilmesi için birden fazla satır bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır.

# Kenar Dağılım Fonksiyonu (ESF)

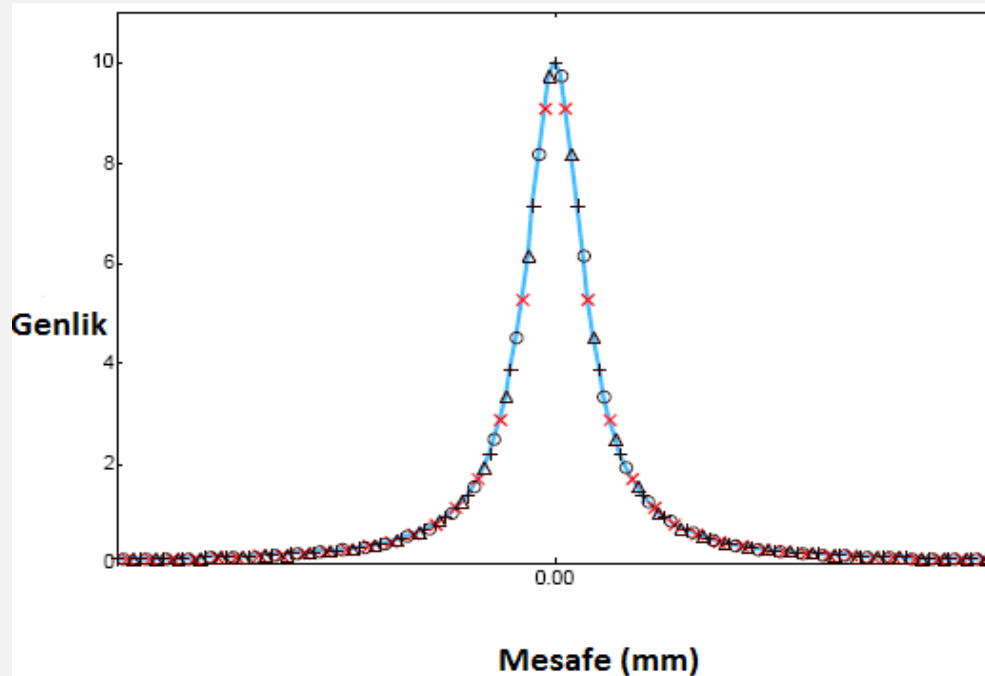


Seçilen ilgi alanında, kenara dik düzlemdeki her satır için yeni oluşan konumlardaki piksel değerlerinin , piksellerin kenardan olan dik uzaklıklarına göre gruplandırılması (rebinning)

# Çizgi Dağılım Fonksiyonu (LSF)

- Kenar Dağılım Fonksiyonun türevi alınarak Çizgisel Dağılım Fonksiyonun (LSF) oluşturulması

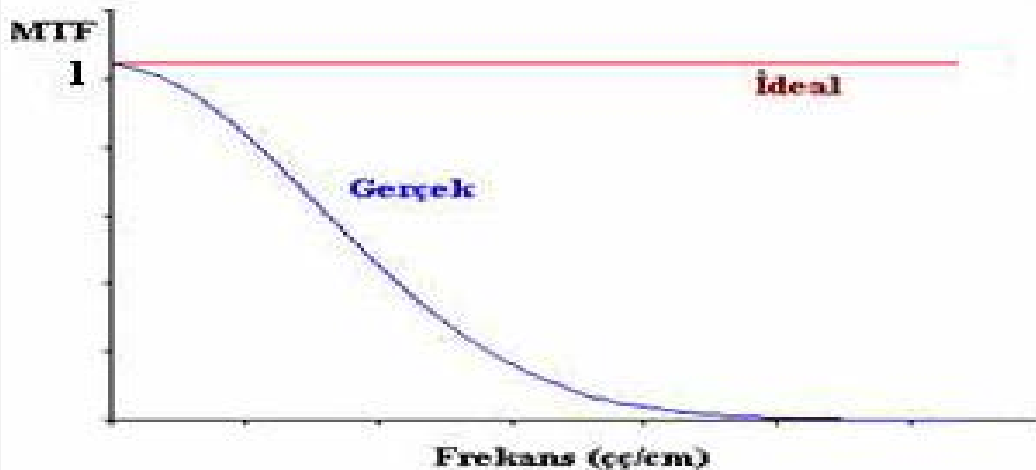
$$lsf(x) = \left\{ \frac{d}{dx} [ esf(x) ] \right\}$$



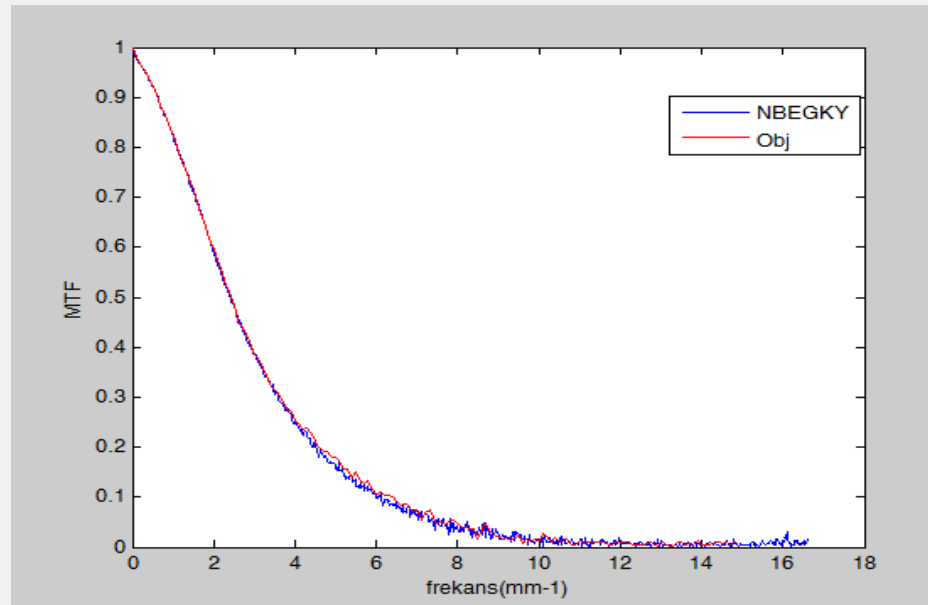
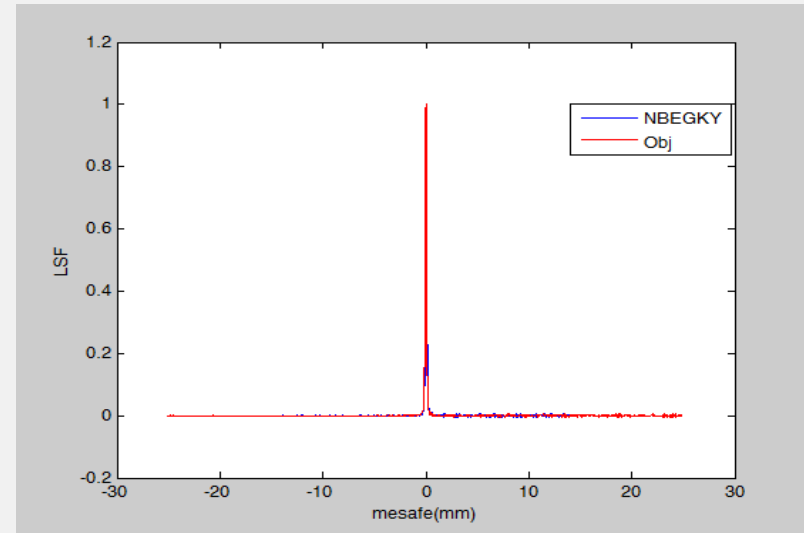
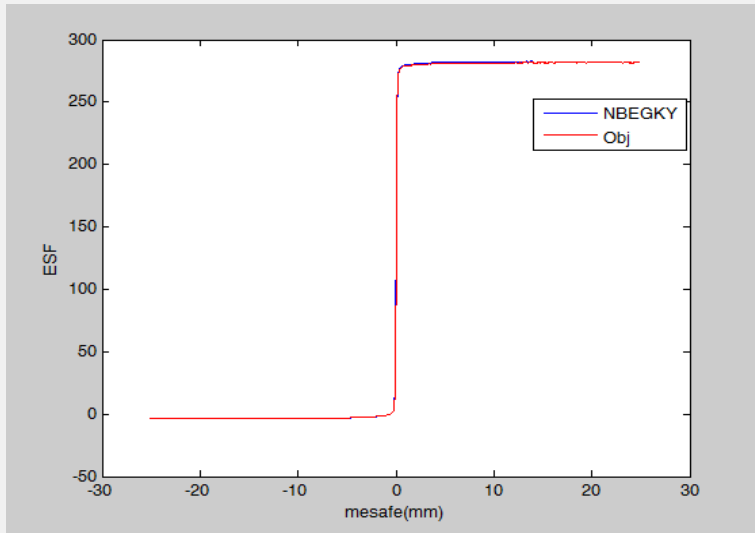
# MTF

- Çizgisel Dağılım Fonksiyonu Fourier Dönüşümü alınarak Modülasyon Transfer Fonksiyonu elde edilmiştir.

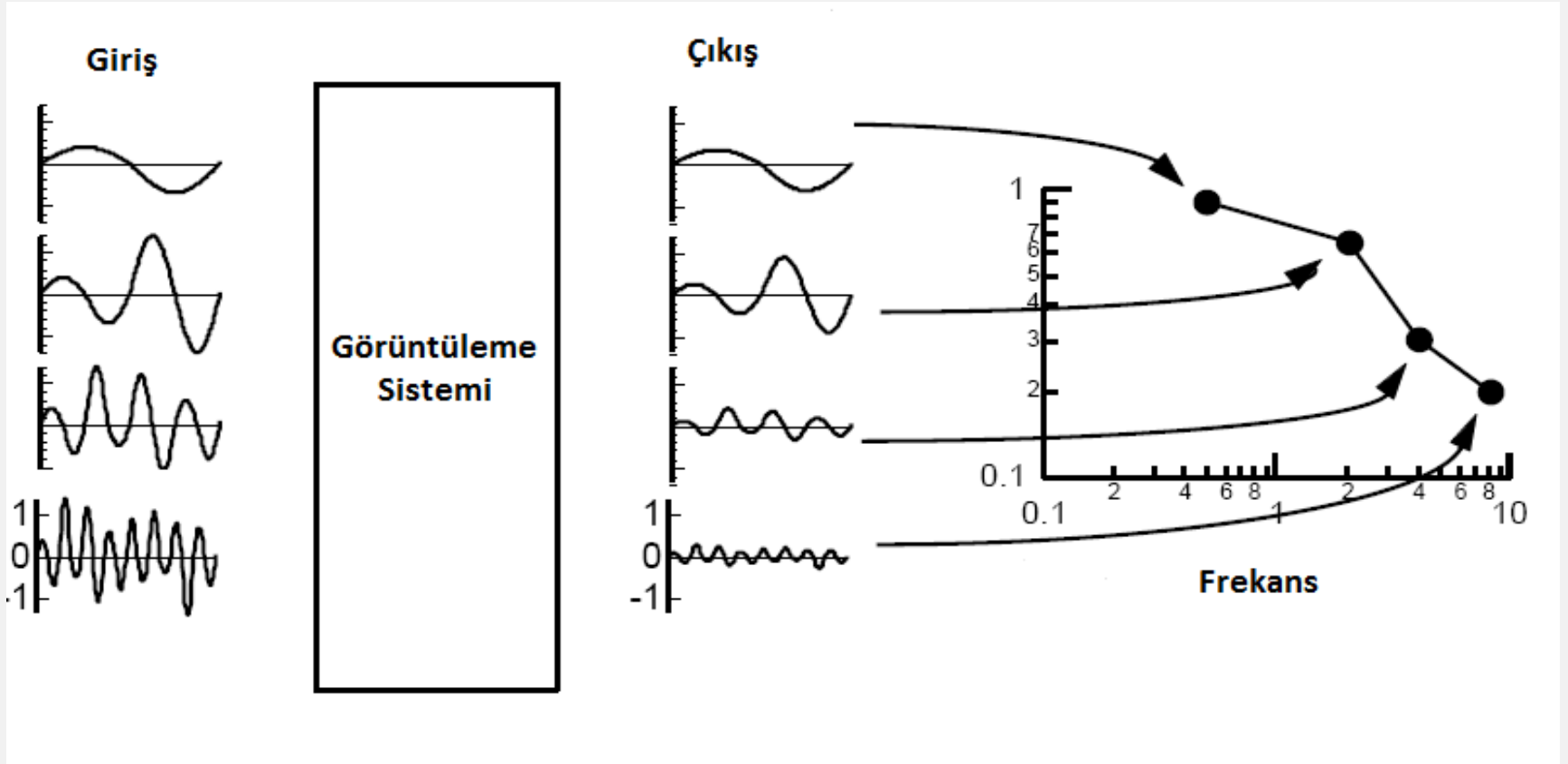
$$MTF(f_x) = FT \{ |sf(x)| \} = FT \left\{ \frac{d}{dx} [esf(x)] \right\}$$

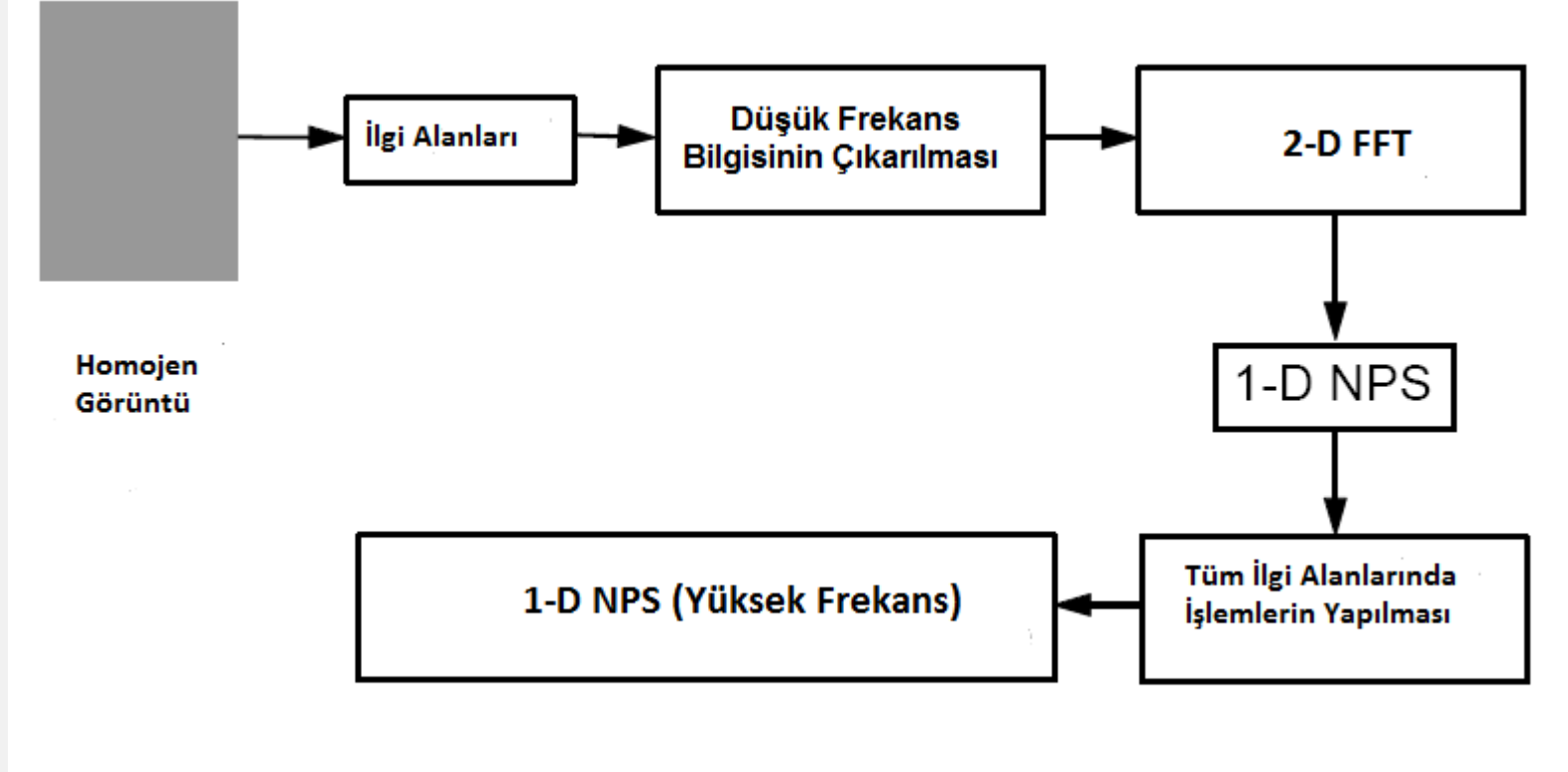


# MTF



## Gürültünün frekans ortamında incelenmesi

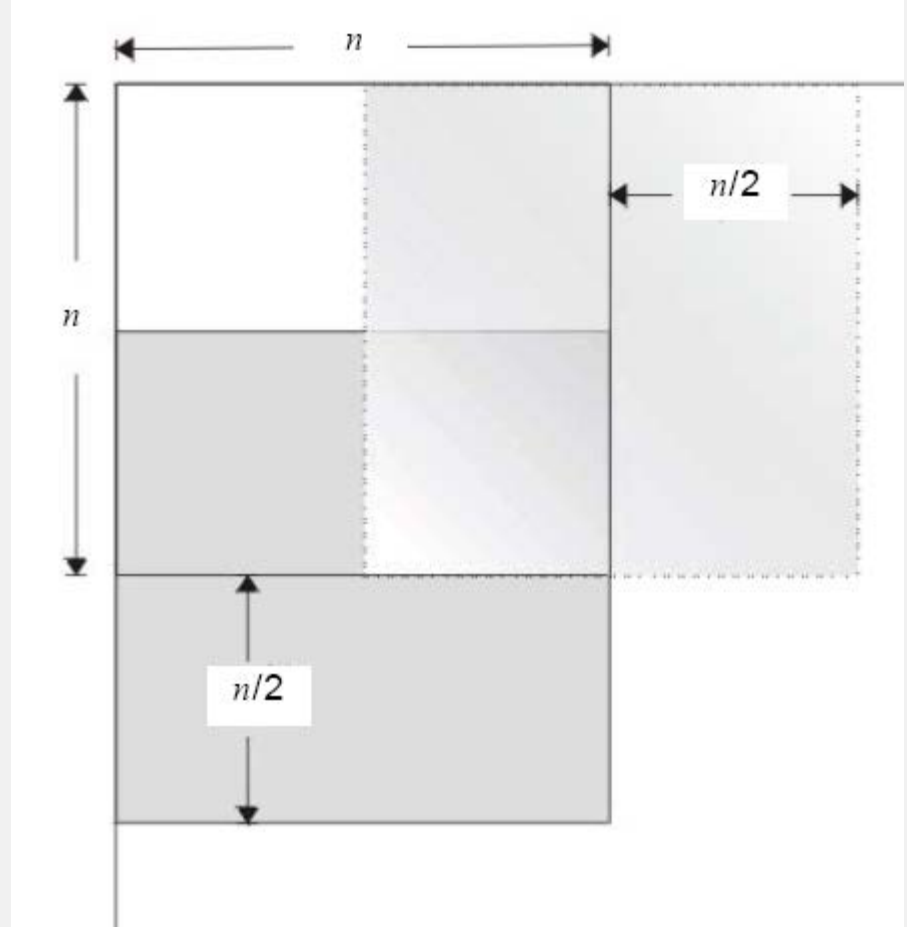




$$NPS(u_n, \nu_\kappa) = \lim_{N_x N_y M \rightarrow \infty} \frac{\Delta x \Delta y}{M \cdot N_x N_y} \sum_{m=1}^M \left\langle \left| \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} (I(x_i, y_j) - S(x_i, y_j)) \exp(-2\pi i(u_n x_i + \nu_\kappa y_j)) \right|^2 \right\rangle$$

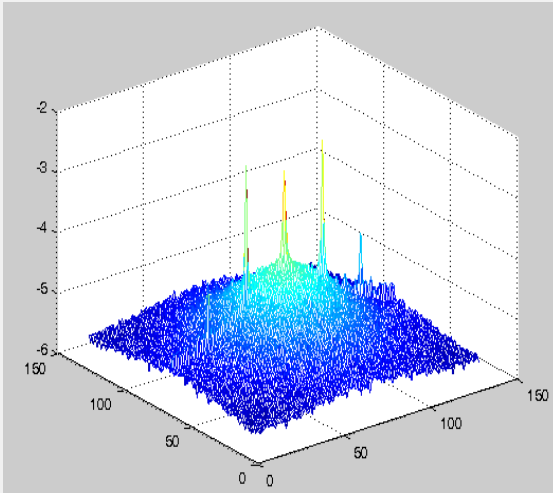
# NPS

- $\Delta x$  ve  $\Delta y$  yatay ve dikey yöndeki piksel boyutu
- $N_x$  ve  $N_y$  görüntünün yatay ve dikeydeki piksel sayısı
- $M$ , NPS'in kaç tane ilgi alanından hesaplandığını gösterir.
- 1024 x 1024 alandan
- 128 x 128'lik daha küçük ilgi alanları 1024x 1024 toplam alanda taranır.

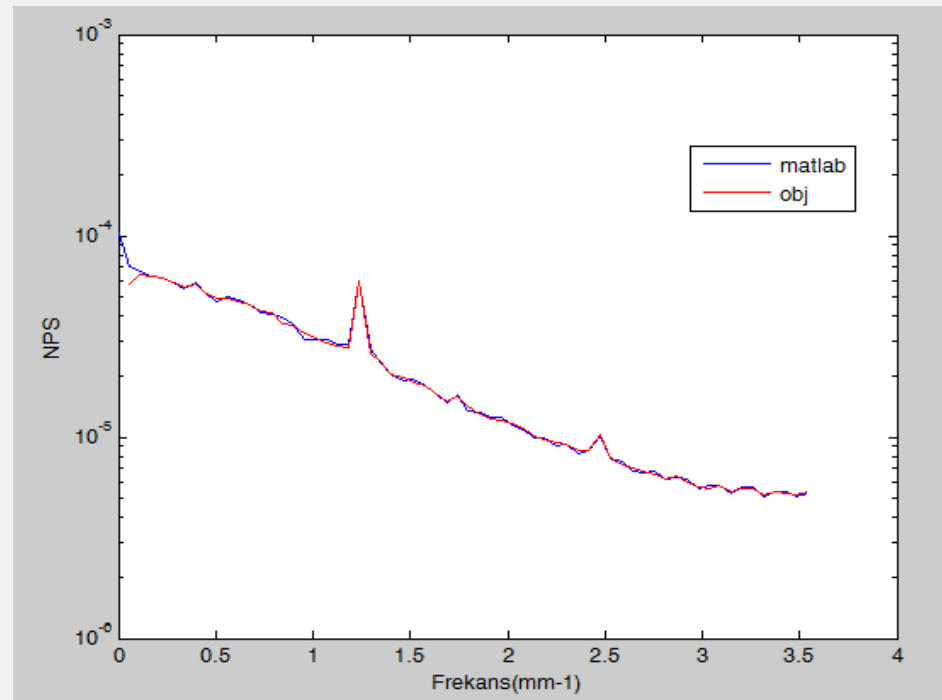
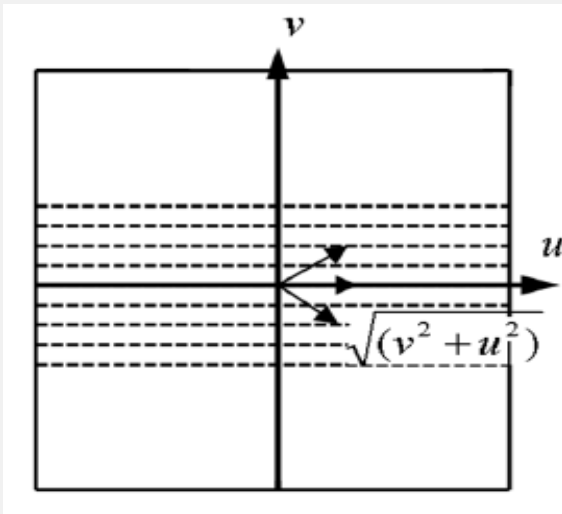


$$\lim_{N_x, N_y, M \rightarrow \infty} \frac{\Delta x \Delta y}{M N_x N_y} \sum_{s=1}^M \left| \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} [I(x_i, y_j) - S(x_i, y_j)] e^{-2\pi i(f_x x_i + f_y y_j)} \right|^2$$





2D gürültü güç dağılımının,  $u$  ya da  $v$  eksenlerinde (ayrıca  $45^\circ$ ) belirli satırların toplanıp ortalaması



# Test Değerlendirmesi

## *Measurement of the Performance Characteristics of Diagnostic X-Ray Systems*

Table 6.1 Commissioning tests for quantitative analysis

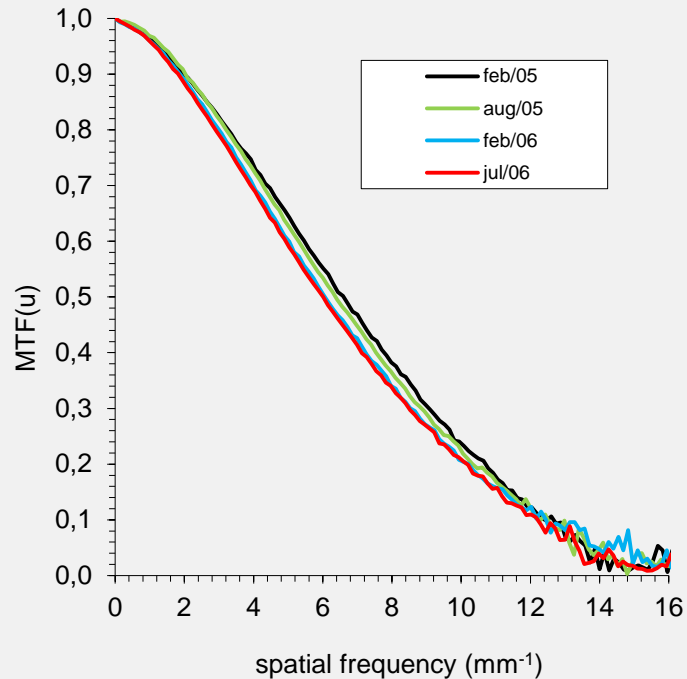
Section	Test parameter	Acceptable level
6.3.2	Frequency at MTF 50%	Compare with data from other systems tested or published data
6.3.3	Variance image	No areas of significant difference
6.3.4	NPS at $0.5 \text{ mm}^{-1}$ and $2 \text{ mm}^{-1}$	Compare with data from other systems tested or published data

Table 6.2 Suggested remedial and suspension levels for NPS and MTF for use in routine quality control testing

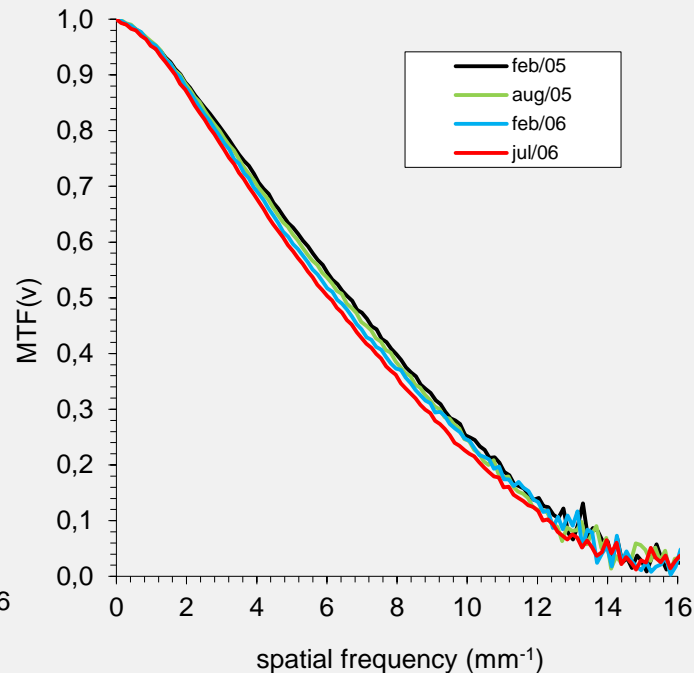
Section	Test parameter	Remedial level	Suspension level
6.3.2	Frequency at MTF 50%	Baseline $\pm 0.2 \text{ mm}^{-1}$	Baseline $\pm 0.4 \text{ mm}^{-1}$
6.3.3	Variance image	Changes to part of detector	NA
6.3.4	NPS at $0.5 \text{ mm}^{-1}$ and $2 \text{ mm}^{-1}$	Baseline $\pm 15\%$	Baseline $\pm 30\%$

# MTF – Zamana göre değişimi

- Geniş zaman aralıklarında tekrar edilebilirlik
- %50 noktasında MTF cov 17 aylık süreçte yaklaşık %3

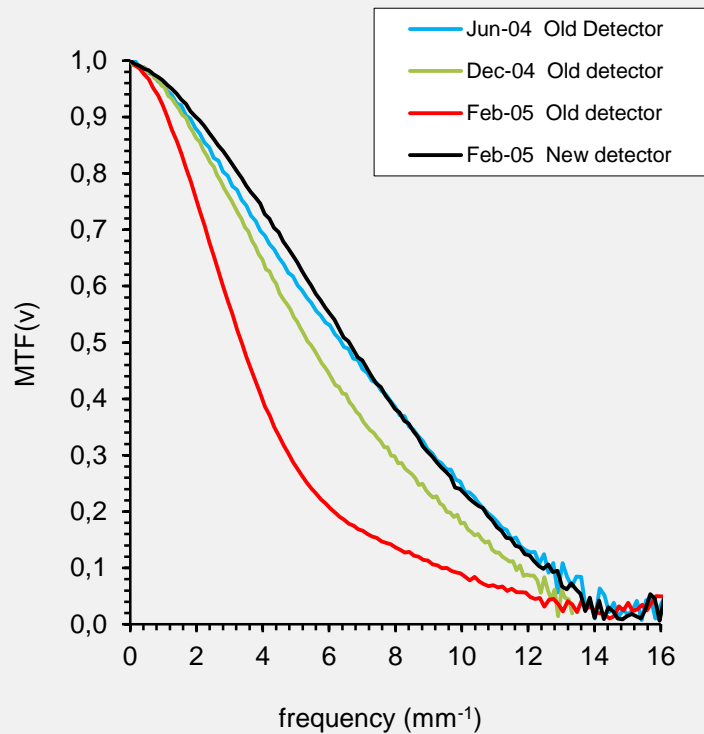


Front-back

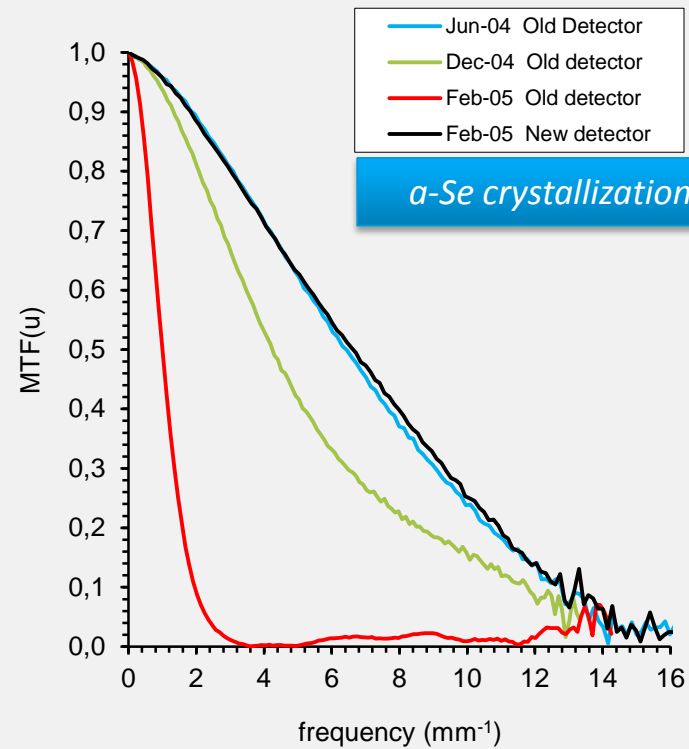


Left-right

# MTF – Hata örneği



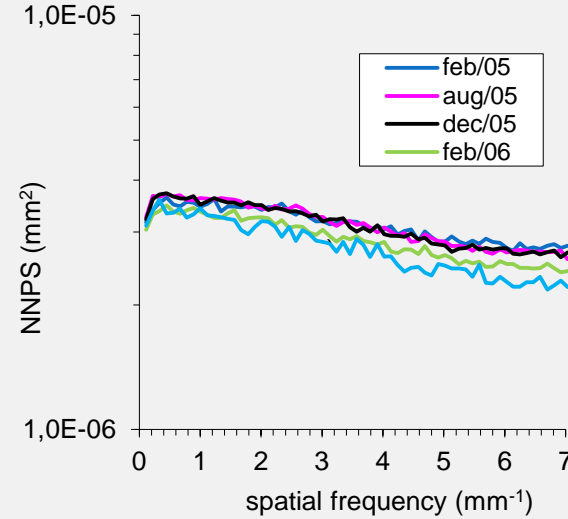
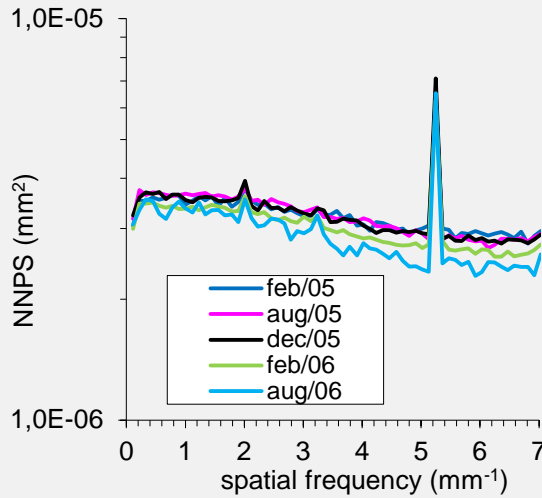
*gateline (front-back)*



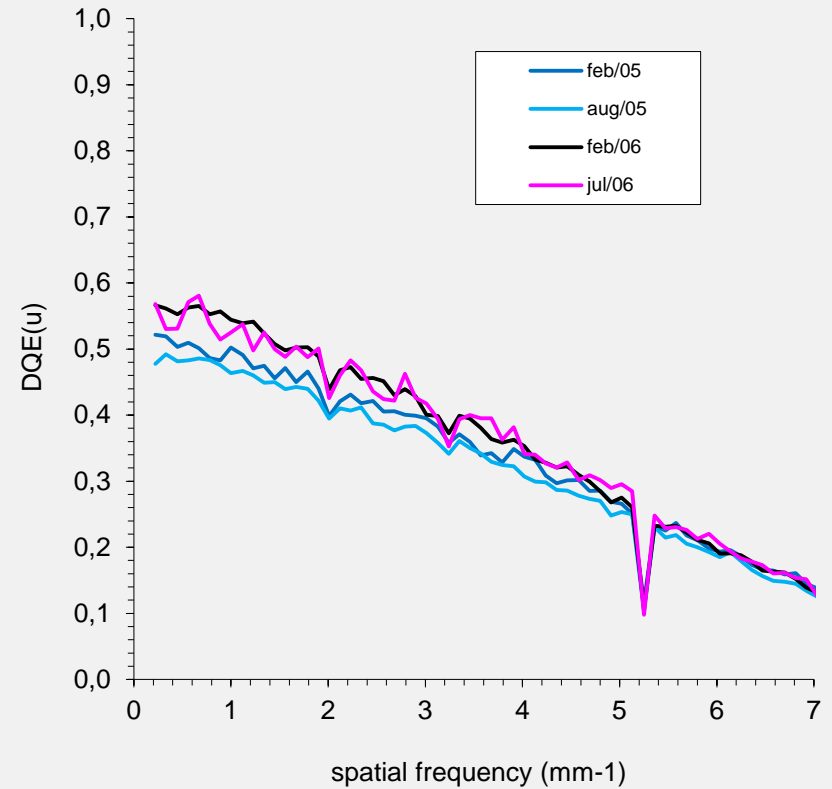
*dataline (left-right)*

# NNPS

- 17 aylık süreçte değişim 4%
- NNPS, MTF'e bağlı olduğu için dedektördeki *blurring*e bağlı



- $\alpha$ -Se dedektör tabanlı sistem
- 17 aylık süreç
- $1 \text{ mm}^{-1}$  DQE'nin *cov* 7%



Matematiksel değerlendirme yöntemleri kullanarak:

- bir sistemin görüntü kalitesinin zamana göre değişiminin takibi
- farklı sistemlerin görüntü kalitelerinin karşılaştırılması

Bu yöntemlerin rutin kalite kontrol ölçümlerine dahil edilmesi



<http://www.nukbilimler.ankara.edu.tr/>