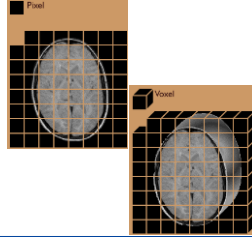
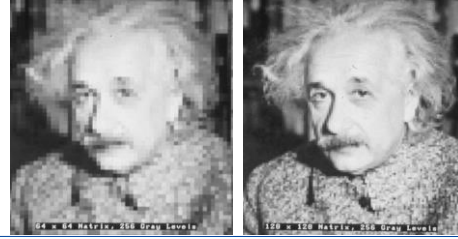


Görüntü dijitalizasyonu

- Uzaysal (Spatial) dijitalizasyon:
 - Piksellerden bir matris oluşturulur
 - Pixel = Picture \times Element
 - Voxel = Volume \times Element
- Analog dijital çevrim (ADC)
 - Her bir piksel için analog sinyalin dijitalize edilmesi

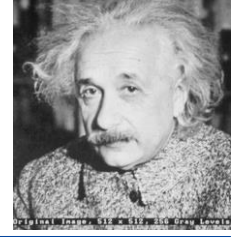


Uzaysal (Spatial) dijitalizasyon



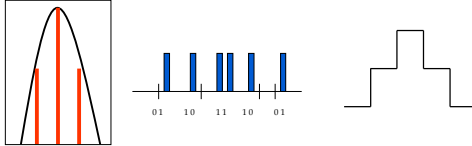
Kaç tane piksel gerekli ?

- Standart TV matrisi 512x512
- İyi görüntü için TV'deki 512 sıranın her biri için 512 piksel yaratmak gerekir: 512 piksel/sıra
- Yeni sistemlerde 1024 piksel/sıra (hi-res)

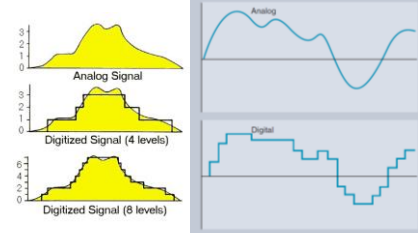


Analog dijital çevrim (ADC)

- Örnekleme oranı (sample/sn) - frekans
- Örnek başına bit sayısı (12 bit/sample gibi)
- Bit sayısı (n) = 2^n level (12 bit=4096 level)



Analog dijital çevrim (ADC)



Dijital görüntü oluşumu

3-bit derinliğinde (8 gri tonu) 4x4 matriske görüntü oluşturma örneği

5	0	6	2
6	7	4	1
3	0	7	5
1	4	2	0

Bilgisayardaki matrisi oluşturan piksel değerleri

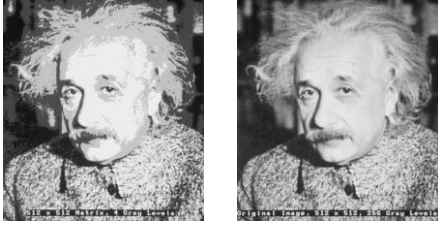
5	0	6	2
6	7	4	1
3	0	7	5
1	4	2	0

Her piksel değerine karşılık gelen gri tonu

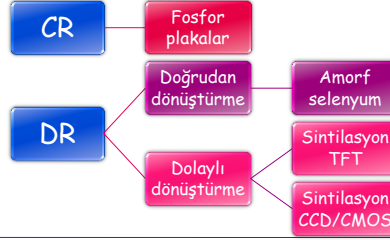


Görüntü

Analog dijital çevrim (ADC)



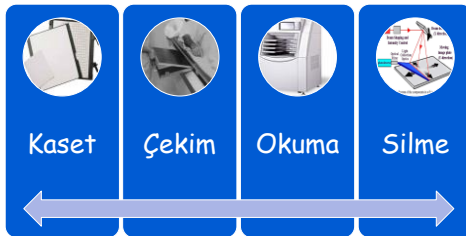
Dijital radyografi yöntemleri



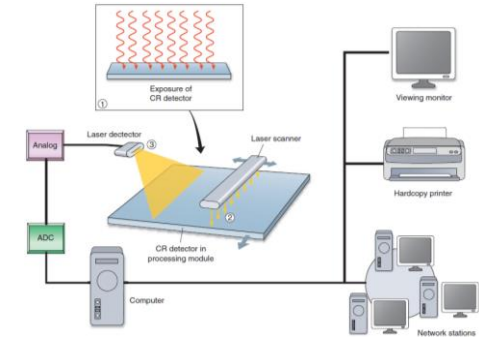
CR-Bilgisayarlı radyografi

- İmaj reseptörü:
 - Işınla uyarılabilir fosfor ekran
- Işın güçlendirici ekran (screen/ranforsatör) ile benzer yapıda
- Baryum Florohalid (BaFI, BaFBr, BaFCl)
- Europium - Aktivatör (elektron sağlayıcı)

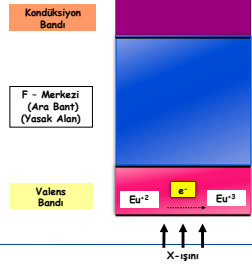
CR akışı



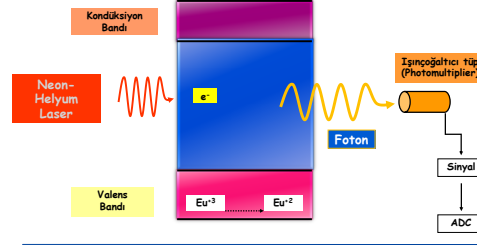
"Flat Panel" CR



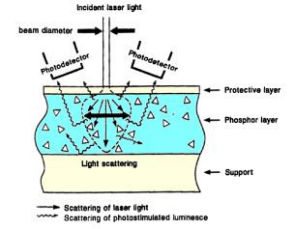
Baryum florohalid: Eu^{2+} enerji band yapısı



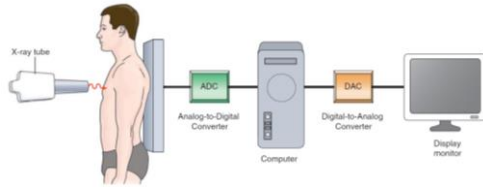
CR Okuma



CR Bulanıklıklaşması

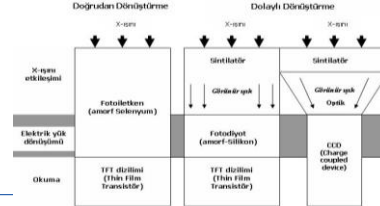


DR-Dijital radyografi

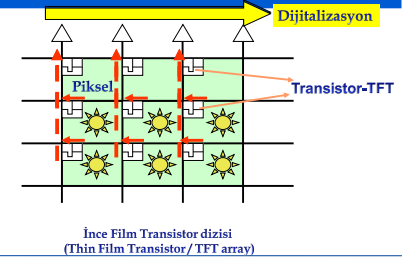


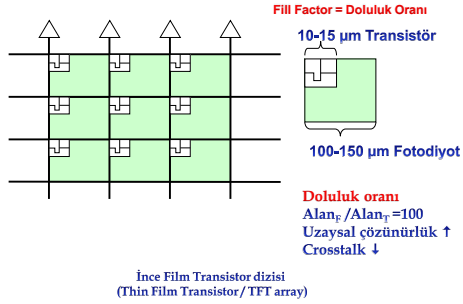
DR-Dijital Radyografi

- Latent görüntü oluşumu ile okuma ve dijitalasyonun bir arada olduğu sistemler

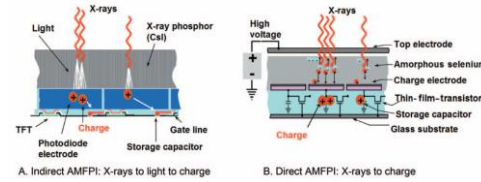


Amorf Silikon + TFT



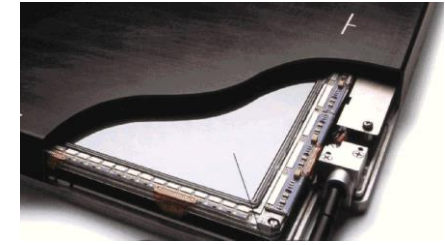


Dolaylı / Doğrudan dönüştürme

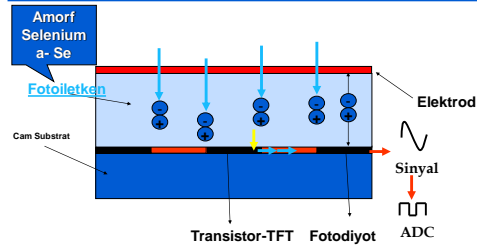


Seibert J.A. Applied Radiology 2009 May;21:29

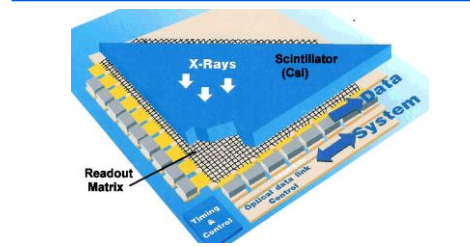
Doğrudan dönüştürme (Amorf Selenyum)



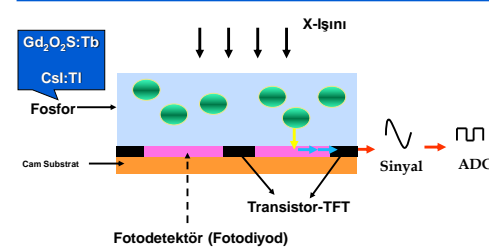
Doğrudan dönüştürme-DR Görüntü oluşum basamakları



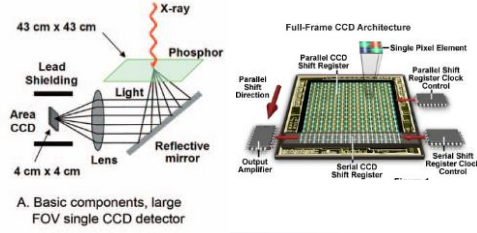
Dolaylı dönüştürme Sintilasyon-TFT



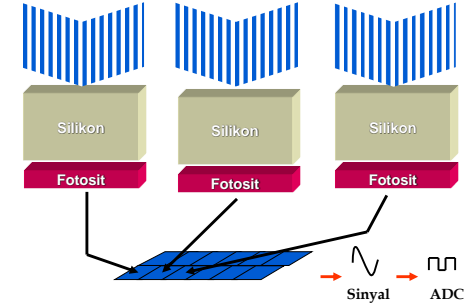
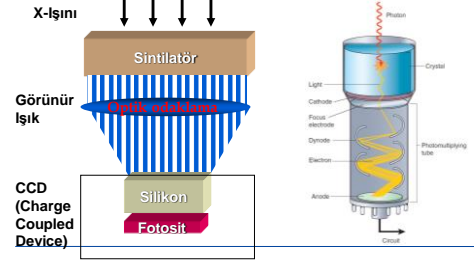
Dolaylı dönüştürme Sintilasyon-TFT



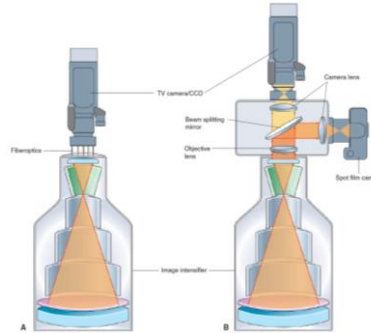
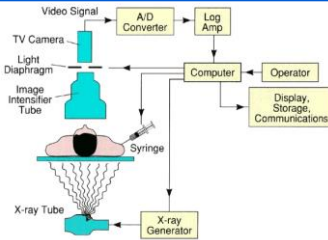
CCD (Charged Couple Device) kamera



Dolaylı dönüştürme Sintilasyon-TFT



Dijital floroskopi



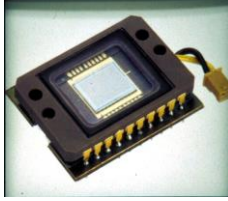
Dijital floroskopi

- DSA ve floroskopik çalışmalarda kameralara uygun ışık seviyesinin gitmesini sağlayan elektronik apertür bulunur
- Dijital işlemci
- Yüksek kaliteli görüntü ve "road mapping"

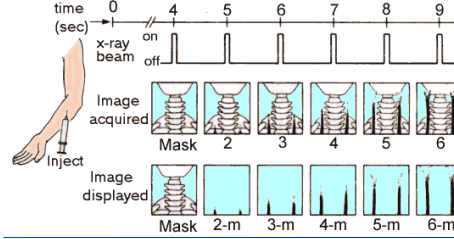


Dijital floroskopi

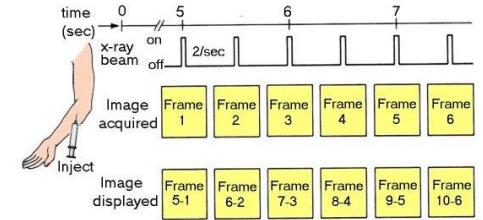
- Kamera özellikleri:
- QM eklenmesin diye düşük elektronik noise
- Genelde yüksek çözünürlüklü (1024²)
- CCD en sık kullanılan yöntem
- Aktif matris TFT
- CMOS



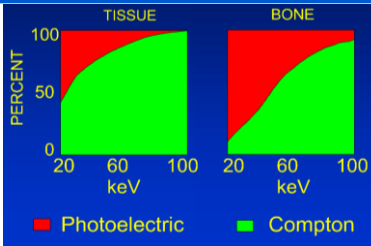
DSA: Mask çıkarım modeli



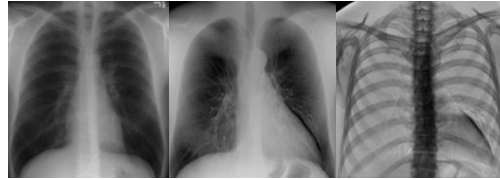
DSA: Zaman çıkarım modeli



Dual Enerji

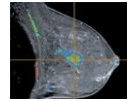


Dual Enerji



Bilgisayar destekli tanı

- CAD (Computer-Aided Diagnosis)
- Radyografi, mamografi, BT, MRG ve US görüntülerinin radyologca hızlı ve doğru değerlendirilmesine yardımcı olan programdır.
- Yapay zeka ve dijital görüntü işleme tekniklerinin birlikte kullanımını gerektirir.
- Tipik uygulamaları
 - Mamografi ve MRG'de meme ca saptanması
 - BT kolonoskopide polip saptanması
 - AC BT'de tümör saptanması ve hacim takibi

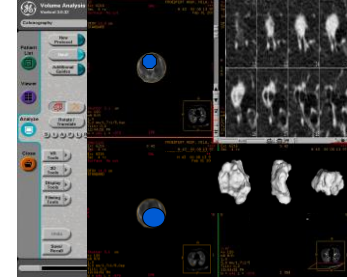


Bilgisayar destekli tanı

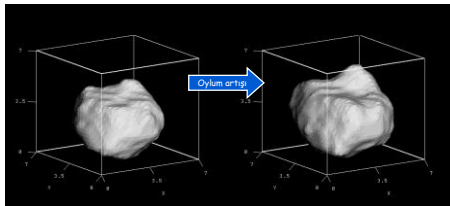


Bilgisayar destekli tanı

- İşlem öncesi
 - Artefaktların azaltılması
 - Görüntü noise'nun azaltılması
 - Harmonizasyon
- Segmentasyon
 - Farklı dokuların otomatik ayrımı
 - Anatomik veri tabanı/atlasla eşleme
- Yapısal analiz
 - Bütünlük, şekil, boyut, hacim, yerleşim
 - Ortalama gri düzeyi analizi
 - ROI içindeki yapıların gri düzey haritalaması
- Değerlendirme (Olasılık hesabı)
 - En yakın komşu kuralı
 - En yakın mesafe kuralı
 - Cascade sınıflama
 - Bayesian sınıflama
 - Çok katmanlı algı (Multilayer perception)
 - Radyal tabanlı fonksiyon ağı (RBF)
 - SVM



Pulmoner nodül analizi



Images ©1999, ELCAP Lab, Medical College of Cornell University

Dijital radyoloji

- Temel olarak halen konvansiyonel radyografik donanım kullanıldığı için kalite kontrol testlerinin yapılması gereklidir. :
 - Jeneratörün kalibrasyonu
 - Kolimasyon
 - Işının hizalanması
 - Ekspozurun lineeritesi
 - Uzaysal çözünürlük (fokal spot)

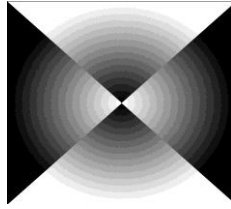
Dijital radyoloji

- Jeneratörün kalibrasyonu
 - Lineer doz-cevap eğrisi iki tarafı keskin kılıçtır. Kalibrasyon sorunlarını maskeler ancak hasta dozunun arttırır.
 - Fazla dozlanmış görüntüler gerçekten çok iyi görülür ancak alınan doz belirgin şekilde artar.
- Kolimasyon & Işının Hizalanması
 - Kolimasyon, bilgisayarın uygun kontrast ve dansite skalasını saptayabilmesi için kritik öneme sahiptir.
- Uzaysal çözünürlük (fokal spot)
 - Film, DR'den daha yüksek uzaysal çözünürlüğü kayıtlar eder. Bu nedenle çözünürlük konvansiyonel sistemlerden daha sıkı kontrol altında tutulmalıdır.

Dijital radyoloji

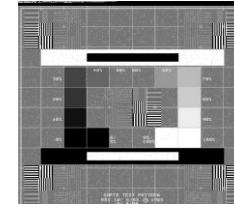
- Radyolojide çıktı görüntü ve buna bağlı yapılan raporlamadır. Bu nedenle:
- Konvansiyonel radyografide filmin görüntü kalitesi için uygun banyo, iyi ranforsatör uyumu ve teması ile artefaktların azaltılması önemlidir.
- Dijital radyografide ise bilgisayar monitörü, görüntü transferi ve reseptör sistemlerinin iyi ve uyumlu çalışması görüntü kalitesi için önemlidir.

Dijital Radyoloji



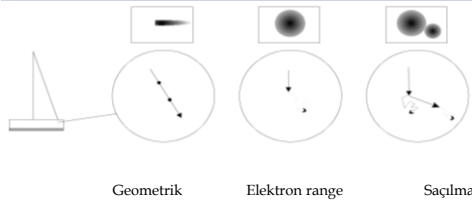
- SMPTE RP-133 (Society of Motion Picture and Television Engineers)
- AAPM TG-18 QC
- BWH (Brigham Womens Hospital Radiology Department)

Ayda bir yapılması gerekenler

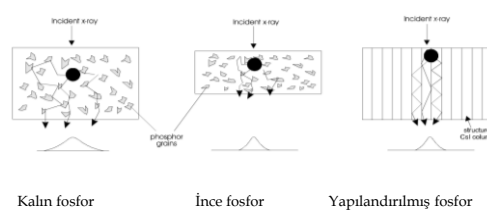


- Netlik, renk, parlaklık ve kontrast ayarları
- 5% (s) ve 95% (b) kontrast alanlarında dinamik aralık testi
- Siyah-beyaz çizgi çiftleri ile uzaysal çözünürlük ve aliasing (distorsiyon) düzeltilmesi

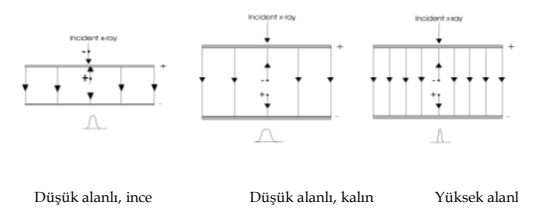
İntrinsik bulanıklıklaşma



Fosfor bulanıklıklaşması



Fotoiletken bulanıklıklaşması



Dinamik Aralık (Range)

- Detektörün algılayabildiği doz aralığı.
- Geniş latitüde
- Max. / Min. Giriş Dozu = $10^4:1$
- Max = 80-100 μGy
- Min = 20-50 nGy
- 14 bit (16284) derinlik



Modülasyon Transfer Fonksiyonu

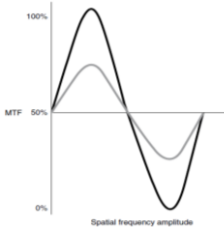
- Sistem bileşenlerinden biri doğru çalışmazsa, toplam kalite bundan etkilenir.
- MTF sistemin her bir bileşeninin sistemin toplam etkinliğine olan katkısını ölçme yöntemidir.

Modülasyon Transfer Fonksiyonu

- MTF: Detektörün belirli bir uzaysal frekanstaki girdi sinyalindeki değişkenliği (modülasyon) çıktıya aktarma (transfer) kabiliyetidir
- MTF: objeye ait değişik kontrast değerlerinin görüntüdeki intensite değerlerine ne kadar oranda çevrilebildiğini gösterir.
- MTF oranı: ideal bir sistem için 1 (%100) olsa da fosfor saçılımı olması nedeniyle DR sistemlerinde bunu yakalamak olanaksız.

Modülasyon Transfer Fonksiyonu

- MTF ne kadar yüksekse sistemin (detektörün) çözünürlüğü o kadar yüksektir.



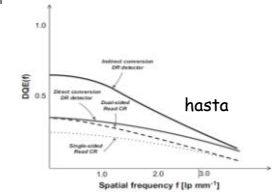
$$MTF_T(f) = MTF_P(f) \times MTF_A(f)$$

Detective Quantum Efficiency (DQE)

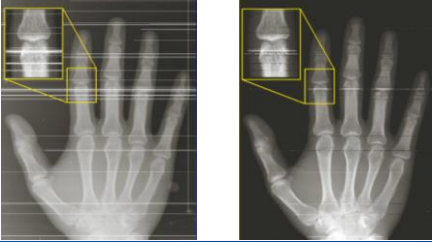
- DQE: Detektörlerin performansını en objektif şekilde karşılaştırmaya yarayan parametredir.
- DQE: Sistemin detektör üzerine gelen X ışınlarını hangi oranda görüntüye çevirebildiğinin göstergesidir.
- Detektöre gelen X ışınlarının absorbe edilebilme oranı olarak ifade edilir.
- $DQE_D = SNR_{\text{recorded}}^2 \times SNR_{\text{input}}^2$
- $0 \leq DQE_D \leq 1$
- ID DR 0.6-0.7, D DR 0.40, CR 0.35

DQE Spektrum

- $DQE(f;N) = \{S^2 \cdot MTF^2(f)\} / \{N \cdot NPS(f;N)\}$
- N: Foton etkisi = SNR_{input}
- S: Ortalama sinyal
- MTF(f): Detektörün
- NPS: Gürültü oranı
- DQE yüksekse alınan doz düşüktür



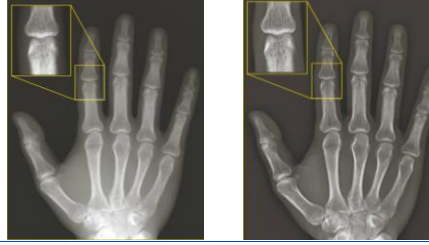
Düzeltilici yazılım



Ham görüntü

Gain ve offset düzeltme

Düzeltilici yazılım



İnterpolasyon

Düzeltilmiş eörintü

Karşılaştırma

Table 1 Physical characteristics of modern DR and CR image detector systems

Physical Parameter	Dual-sided read CR	Indirect-conversion DR	Direct-conversion DR
X-ray absorber (Typical)	320 μm BaF ₂ /Eu ²⁺ (Turbid phosphor screen)	500 μm CsI:Tl (Channelled scintillator)	500 μm a-Se (Photoconductor layer)
Readout Mechanism	Point-scan laser beam & dual-read assembly	a-Si:H Photo-diode & TFT Switch	a-Si:H Storage Capacitor & TFT Switch
Field coverage (cm ²) (maximum)	43 × 43	43 × 43	35 × 43
Pixel sampling interval (μm)	100	143	139
Matrix array (maximum size)	4280 × 4280	3001 × 3001	2560 × 3072
Nyquist frequency f_n (lp mm ⁻¹)	5	3.5	3.6
Dynamic range	10 ⁴ :1	~10 ⁴ :1	~10 ⁴ :1
Grey-scale resolution (bits)	12	14	14
Maximum data content per image (Mb)	~36	~18	~16
Image availability (s)	~60	~10	~20
DQE(f _n)	~0.35	~0.65	~0.35
DQE(f ₀)	>0.1	>0.1	>0.1