



تئوری تشکیل تصویر در تصویربرداری های مبتنی بر اشعه ایکس

سید سلمان ذکریایی

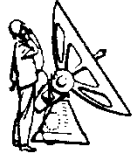
گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

Electromagnetic Radiation

MEASURED IN
ANGSTROM UNITS



MEASURED IN
METERS

FORMS		USES
X-RAYS AND GAMMA RAYS	$\frac{1}{10,000}$	INDUSTRIAL RADIOGRAPHY AND THERAPY 
	$\frac{1}{1,000}$	
	$\frac{1}{100}$	MEDICAL RADIOGRAPHY 
	$\frac{1}{10}$	
	1	CRYSTALLOGRAPHY 
VERY SOFT X-RAYS	10	
ULTRAVIOLET RAYS	100	SUN LAMP 
	1,000	
	10,000	PHOTOGRAPHY 
INFRARED RAYS	100,000	TOASTER 
	1,000,000	
RADIO WAVES	$\frac{1}{1,000}$	RADAR 
	$\frac{1}{100}$	
	$\frac{1}{10}$	TELEVISION 
	1	
	10	RADIO 
	100	
	1,000	
	10,000	
	100,000	
RADIATION ASSOCIATED WITH ELECTRIC WAVES	1,000,000	
	10,000,000	

ویژگی های امواج الکترومغناطیس

- ویژگی های عمومی
- ویژگی های خاص امواج اشعه ایکس

ویژگی های اشعه ایکس

1. اشعه ایکس **نامرئی** است.
2. اشعه ایکس از **لحاظ الکتریکی خنثی** است. آنها هیچ بار مثبت و منفی ندارند.
3. آنها **نمی توانند شتاب یا تغییر جهت** توسط یک آهنربا یا میدان الکتریکی داشته باشند.
4. اشعه ایکس **هیچ جرمی** ندارد
5. اشعه ایکس **با سرعت نور در خلاء** حرکت می کند.
6. اشعه ایکس **نمی تواند به صورت اپتیکی متمرکز** باشد.
7. اشعه ایکس یک پرتو **چند انرژی یا ناهمگن** می باشد.

8. پرتو اشعه ایکس مورد استفاده در رادیوگرافی تشخیصی شامل **بسیاری از فوتون هایی است که انرژی های مختلفی دارند.**
9. اشعه ایکس **در خطوط مستقیم حرکت می کند.**
10. اشعه ایکس می تواند منجر به **فلورسنت در برخی مواد** شود.
11. اشعه X باعث **تغییرات شیمیایی** در فیلم رادیوگرافی و عکاسی می شود.
12. اشعه X می تواند توسط بافت های بدن انسان **جذب یا پراکنده** شود.
13. اشعه ایکس می تواند **تابش ثانویه** ایجاد کند.
14. اشعه ایکس می تواند باعث **آسیب های شیمیایی و بیولوژیکی در بافت های زنده** شود.

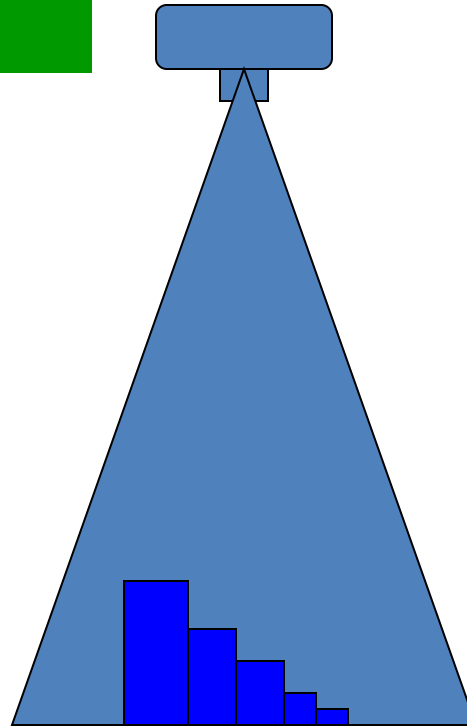
استفاده امواج اشعه ایکس و ویژگی ها

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. پیش بینی مسیر | 1. انتشار به صورت مستقیم |
| 2. اساس رادیوگرافی | 2. قدرت نفوذ |
| 3. تمایز بافت | 3. جذب افتراقی |
| 4. تقویت تصویر و فلوروسکوپی | 4. اثر فلورسنت |
| 5. ثبت تصویر در امولسیون های فوتوگرافیکی (فیلم) | 5. اثر فوتوگرافیک |
| 6. آشکارسازی و اندازه گیری تابش | 6. یونیزاسیون محیط |
| 7. پرتو درمانی و نیاز به حفاظت در برابر تشعشع | 7. اثرات بیولوژیکی |

اصول تشکیل تصویر

- پرتو اشعه ایکس با شدت یکنواخت بر روی یک هدف متشکل از ساختارهایی با خواص جذب متفاوت تابیده می شود.
- پرتو تابشی توسط ساختارهای مختلف به صورت متفاوت تضعیف می شود
- پرتو عبوری از شدت های مختلف - به نام «تصویر مخفی» تشکیل یافته است.
- تصویر مخفی بر روی گیرنده تصویر تابیده می شود (معمولا بر روی یک کاست حاوی فیلم رادیولوژی و صفحه تشدید کننده).

X-ray tube

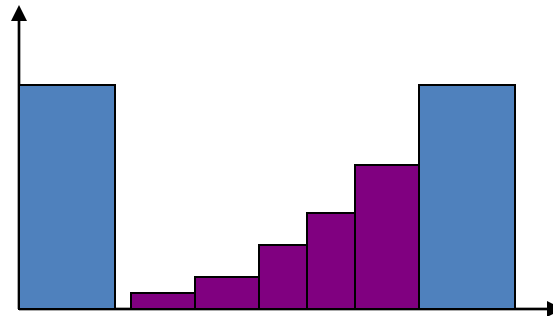


Object

Plot of incident x-ray beam intensity



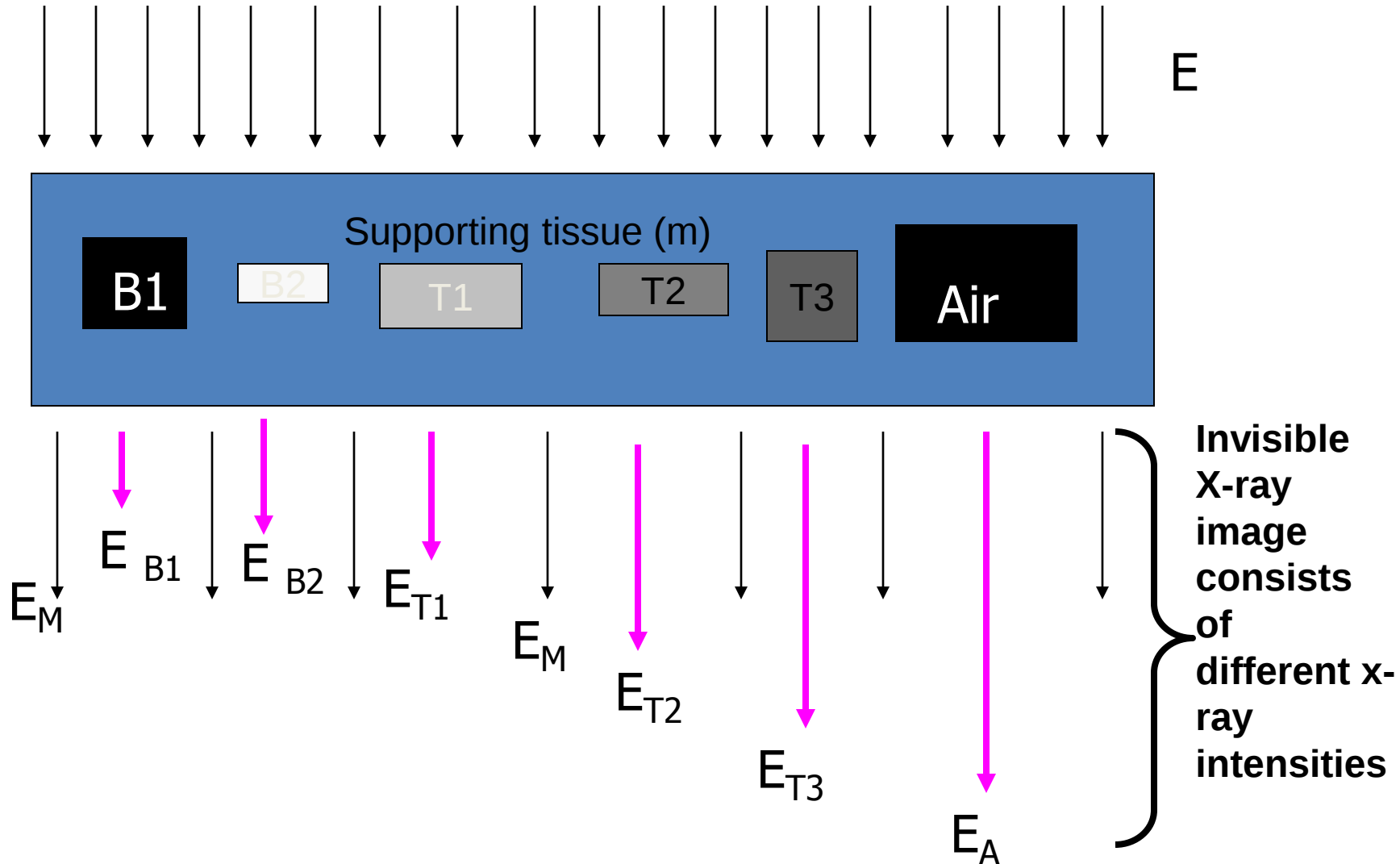
Invisible x-ray image



Plot of transmitted x-ray beam intensity

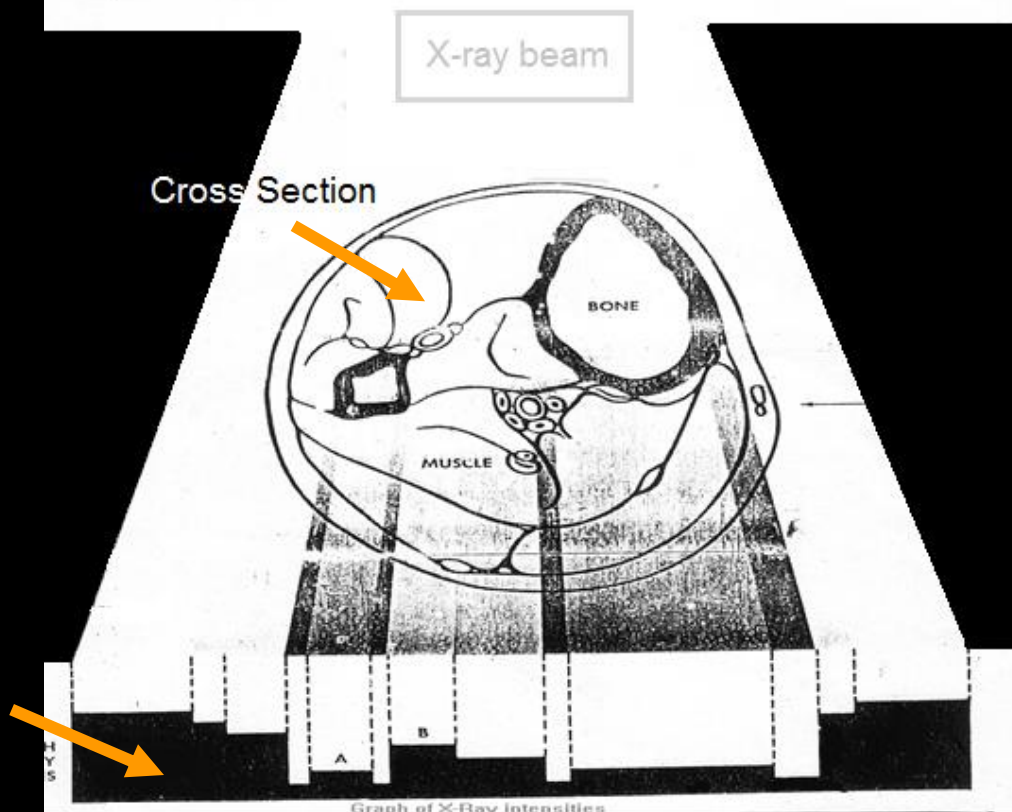
تصویر اشعه ایکس نامرئی

kV mA Sec FFD



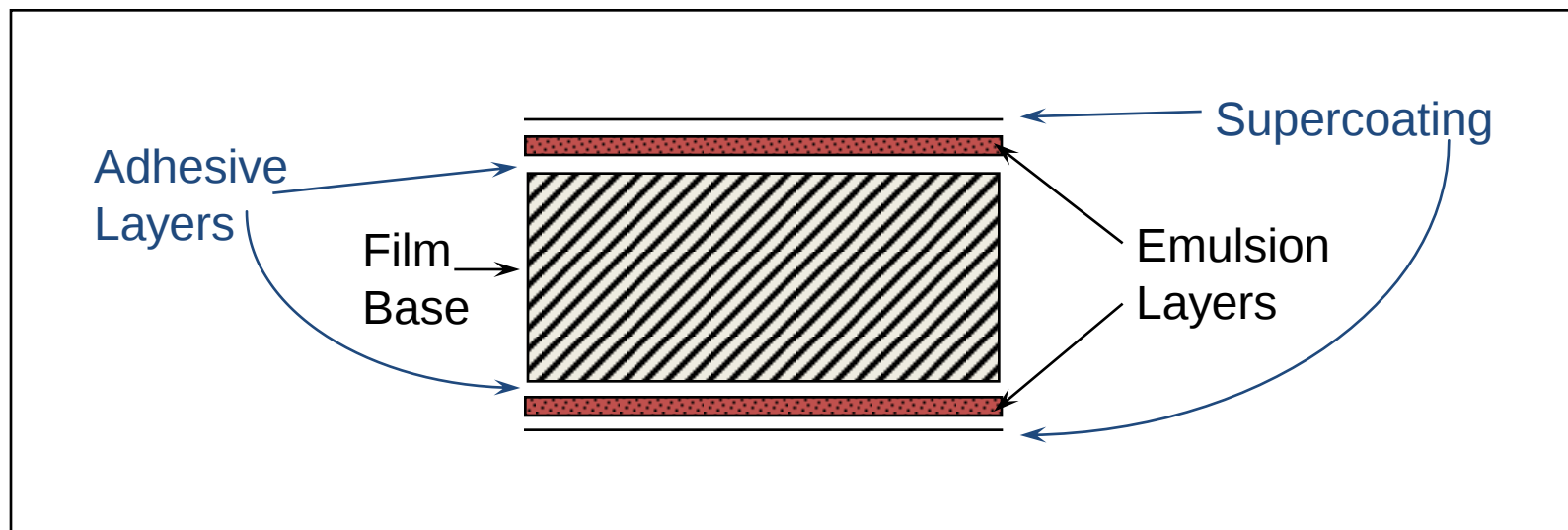
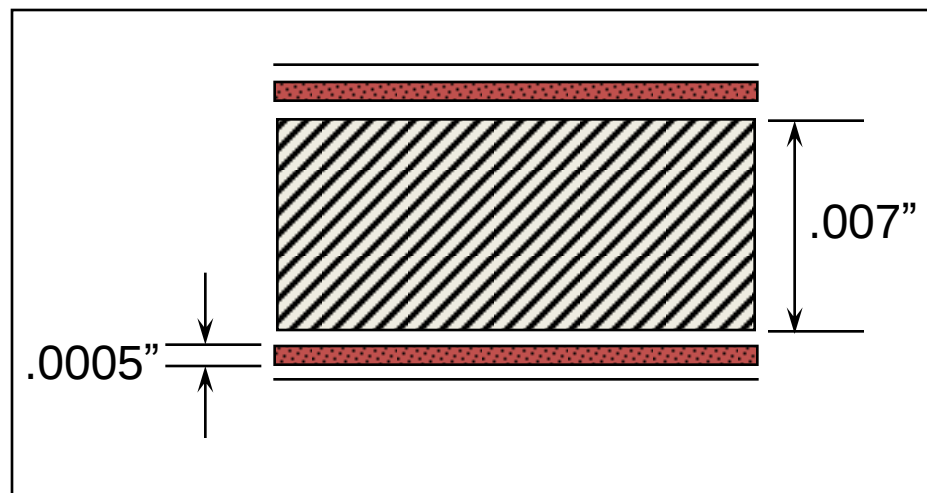
Focal spot

Aperture Diaphragm



ساختار فیلم رادیولوژی

- پایه فیلم
- لایه چسب
- امولسیون را به پایه متصل می کند
- لایه امولسیون
- لایه روکش

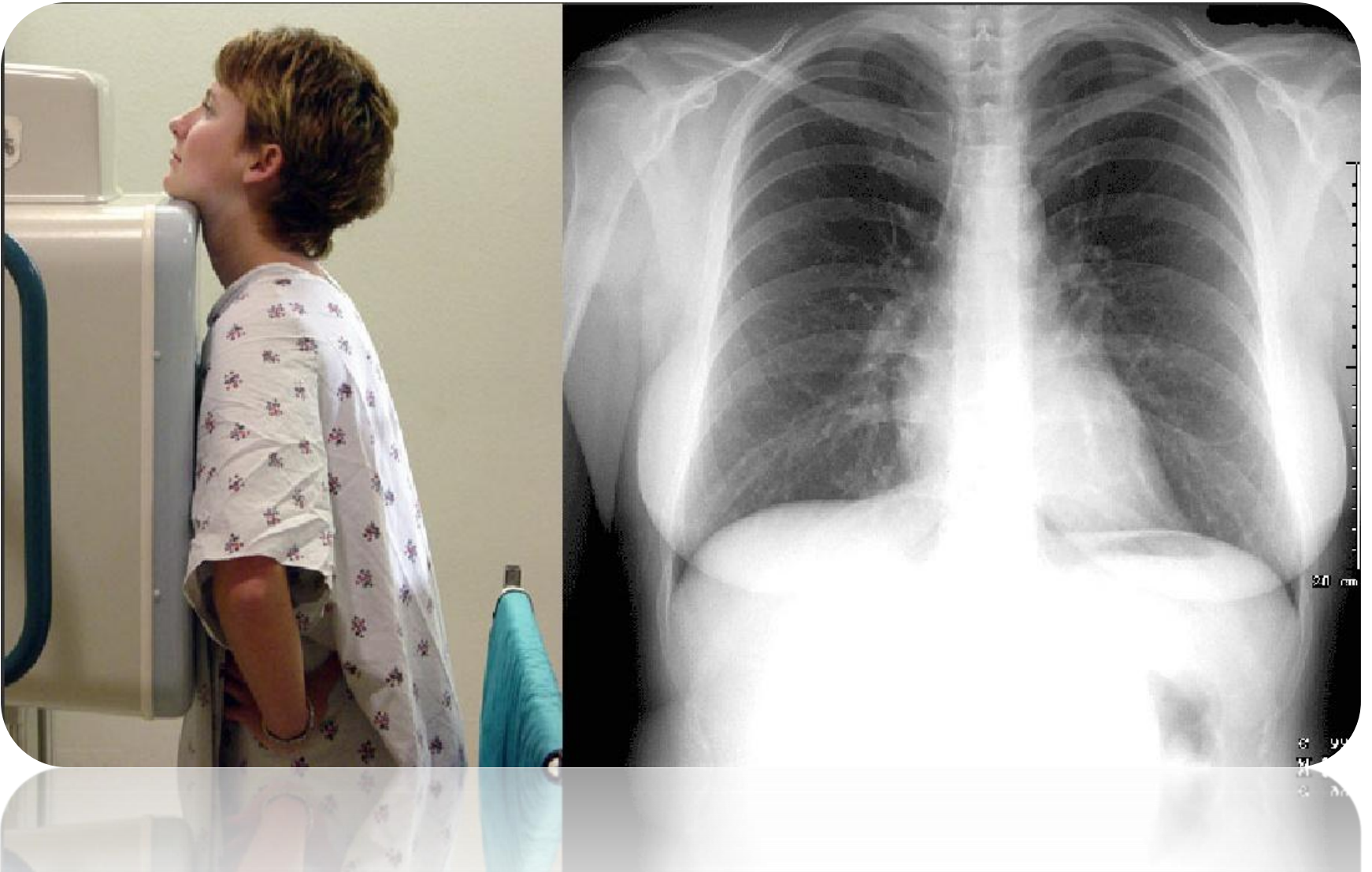


Radiographic projections

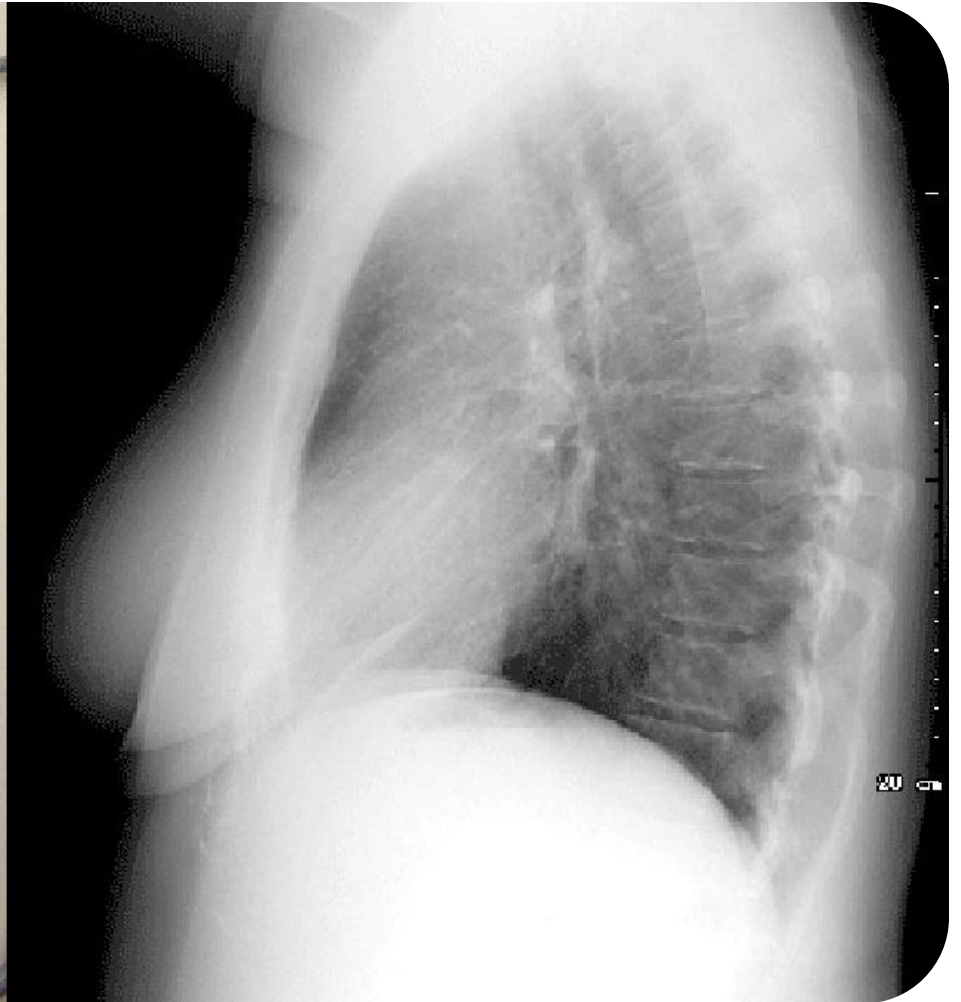
- AP (Anterior- posterior)
- PA (posterior-Anterior)
- Lateral
- Obliques:- RAO, LAO, RPO, LPO
- Decubitus (بیمار دراز کشیدن و پرتو اشعه ایکس به صورت افقی تابانده می شود)



Posterioranterior



Lateral



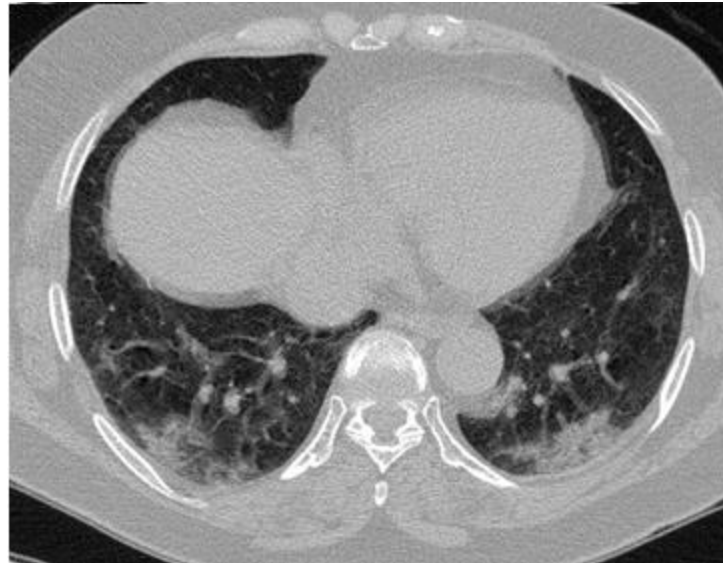


پوزیشن AP (anteriorposterior)

Lateral decubitus



Computed Tomography



اصول اصلی

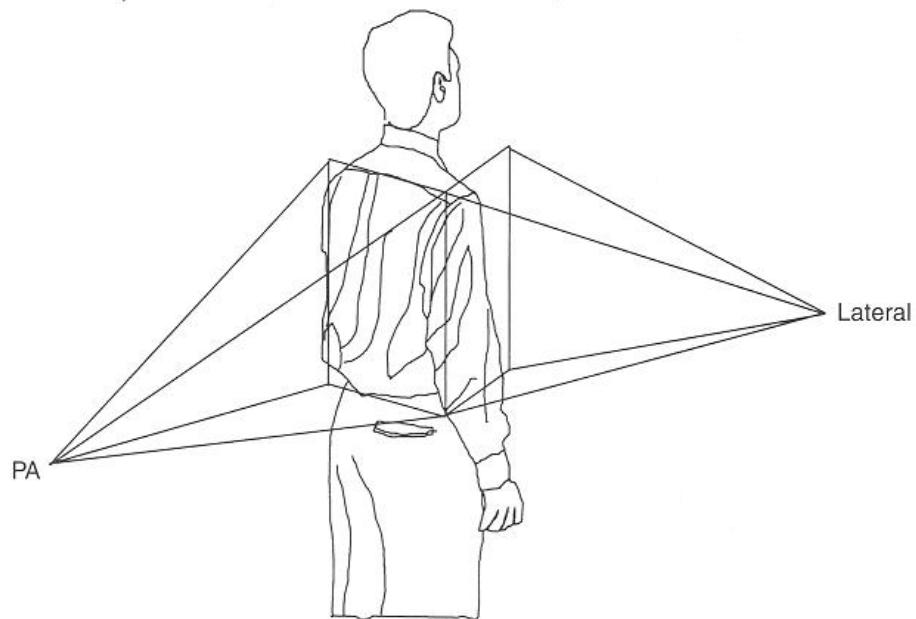
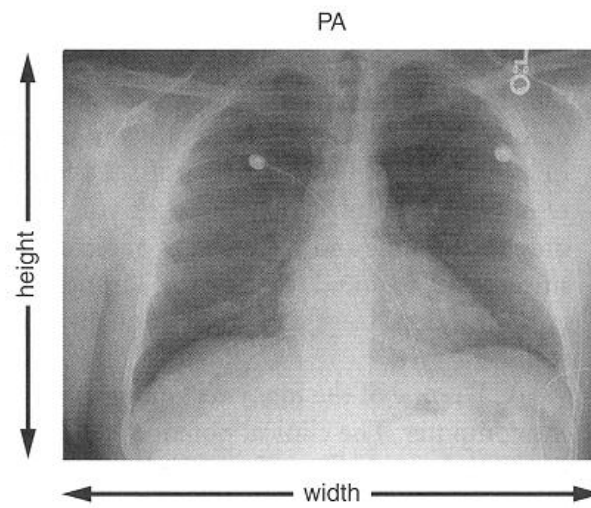
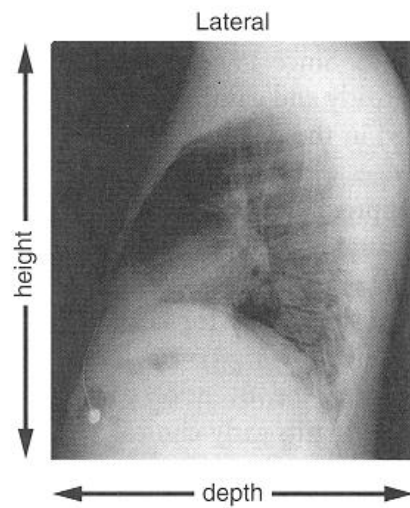
- اصول ریاضی CT برای اولین بار در سال ۱۹۱۷ توسط رادون تدوین شد
- ثابت شد که اگر یک تعداد نامحدود پراجکشن از جسم داشته باشیم می توان تصویری از یک شی ناشناخته تولید نمود

اصول اصلی

- تصویربرداری فیلم ساده آناتومی بیمار D ۳ را به یک تصویر پراجکشن D ۲ کاهش می دهد
- دانسیته در یک نقطه معین بر روی یک تصویر ، خصوصیات تضعیف اشعه X در بیمار در امتداد خط بین نقطه کانونی اشعه ایکس و نقطه ی روی آشکارساز متناظر با نقطه ی روی تصویر را ارائه می دهد.

اصول اصلی

- با استفاده از رادیوگرافی معمولی، اطلاعات بعد موازی با پرتو اشعه ایکس از بین می رود
- با دستیابی به دو تصویر با زاویه ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر، تا حدودی می توان بر این مشکل غلبه کرد
- برای اشیایی که در هر دو تصویر قابل شناسایی هستند، دو فیلم اطلاعات مربوط به مکان را ارائه می دهند



تصاویر توموگرافی

- تصویر توموگرافی تصویری از یک برش آناتومی بیمار است
- تصویر CT ۲ بعدی مربوط به یک بخش سه بعدی از بیمار است
- ضخامت برش CT بسیار نازک (۱ تا ۱۰ میلی متر) است و تقریباً یکنواخت است
- آرایه ۲ بعدی پیکسل ها در تصویر CT به تعداد مساوی و کسل های سه بعدی (المان های حجمی) در بیمار مربوط است
- هر پیکسل روی تصویر CT میانگین ویژگیهای تضعیف اشعه ایکس بافت در وکسل مربوطه را نشان می دهد

مازی

A

	1	4	1
	↑	↑	↑
1 ←	?	?	?
4 ←	?	?	?
1 ←	?	?	?

B

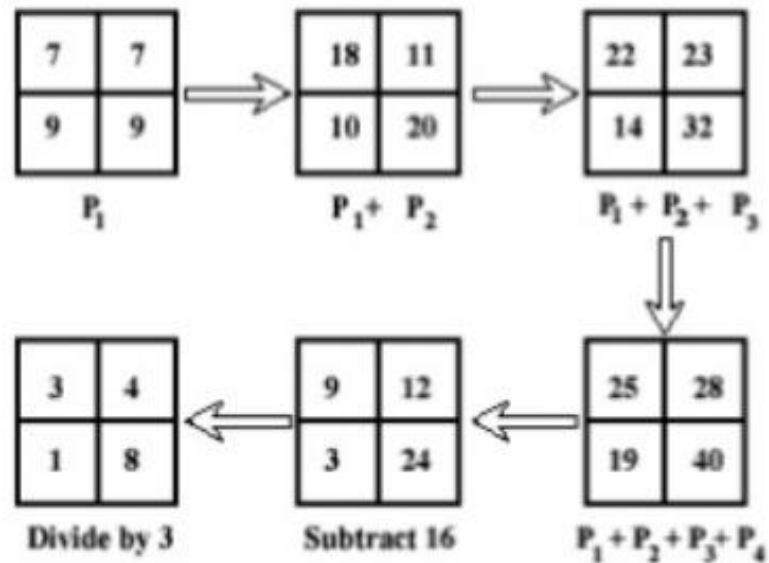
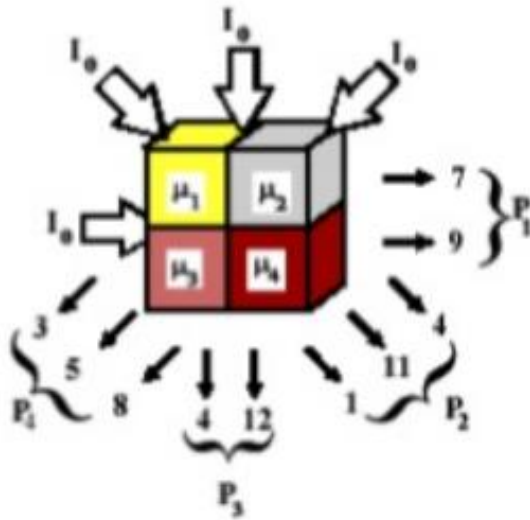
	1	4	1
	↓	↓	↓
1 →	1	2.5	1
4 →	2.5	4	2.5
1 →	1	2.5	1

C

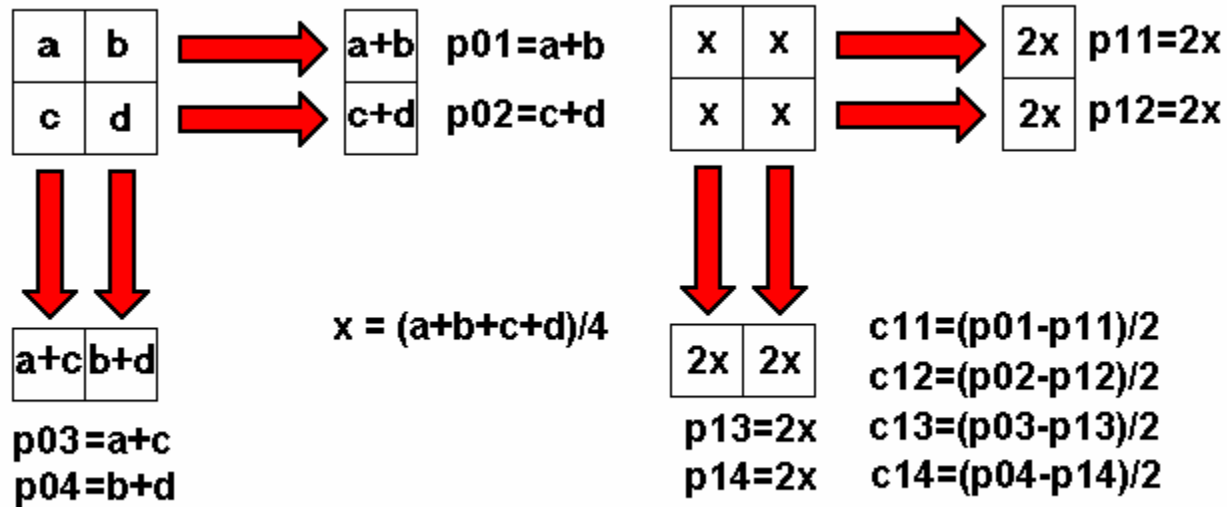
	0	1	0
-----	1	2	1
	0	1	0

D

	0.5	1.25	0.5
-----	1.25	2	1.25
	0.5	1.25	0.5



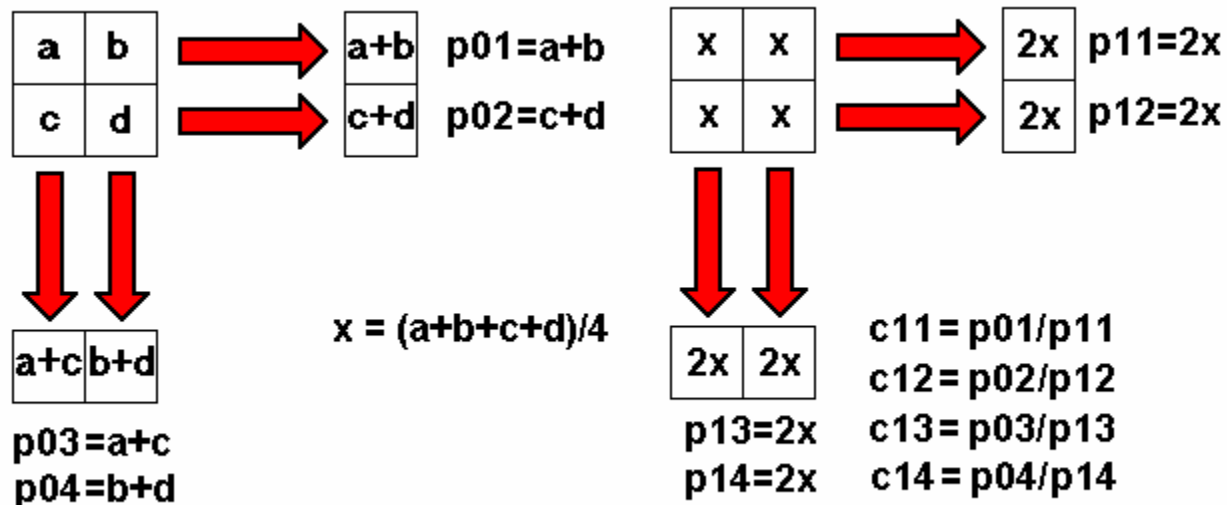
measured
projections



first estimate
and its
projections

correction
factors
(differences
between
projections)

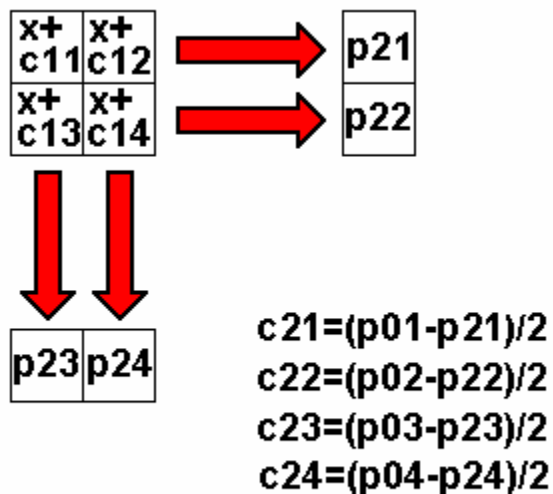
measured
projections



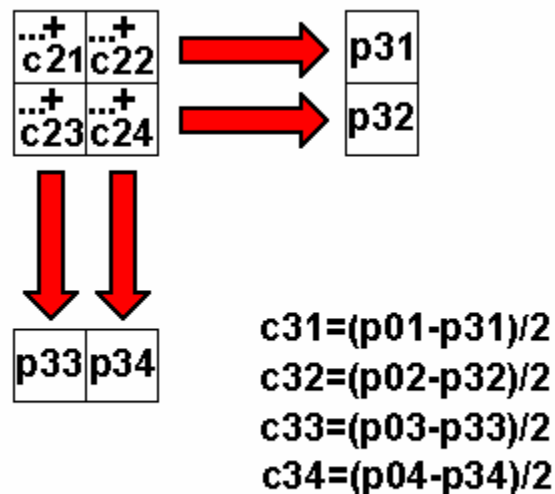
first estimate
and its
projections

correction
factors
(quotients
between
projections)

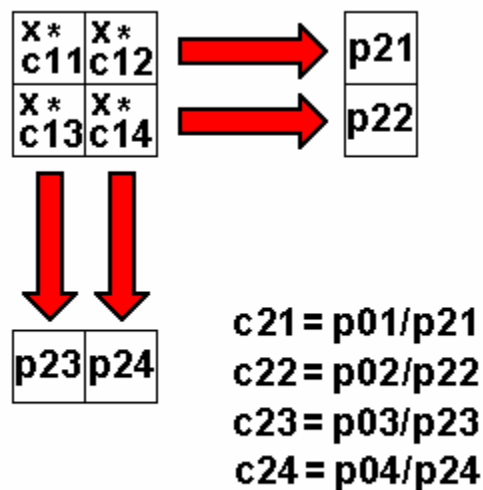
first iteration
(additive
corrections)



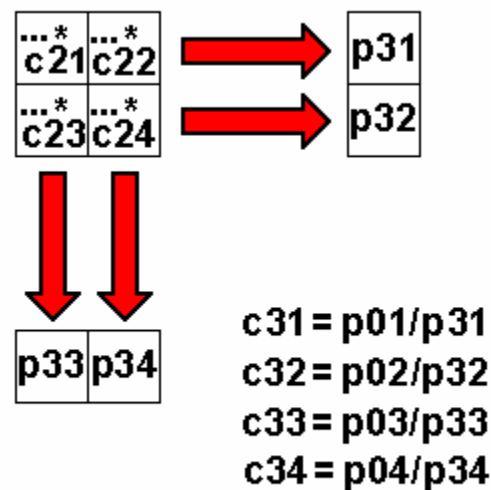
second
iteration
(additive
corrections)



first iteration
(multiplicat.
corrections)



second
iteration
(multiplicat.
corrections)



1	2
3	4

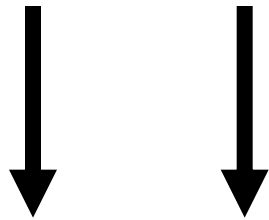
→ 3

→ 7

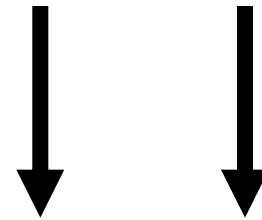
2.5	2.5
2.5	2.5

→ 5

→ 5



4 6



5 5

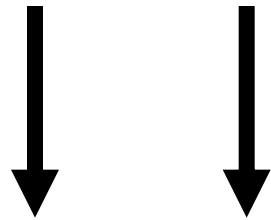
$$c_{11} = (3 - 5)/2 + (4 - 5)/2 = -2/2 - 1/2$$

$$c_{11} = -1 - 0.5 = -1.5$$

1	2
3	4

→ 3

→ 7

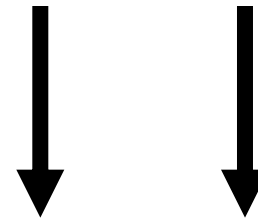


4 6

2.5	2.5
2.5	2.5

→ 5

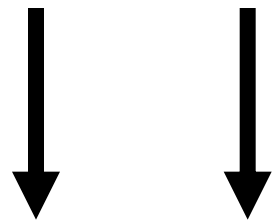
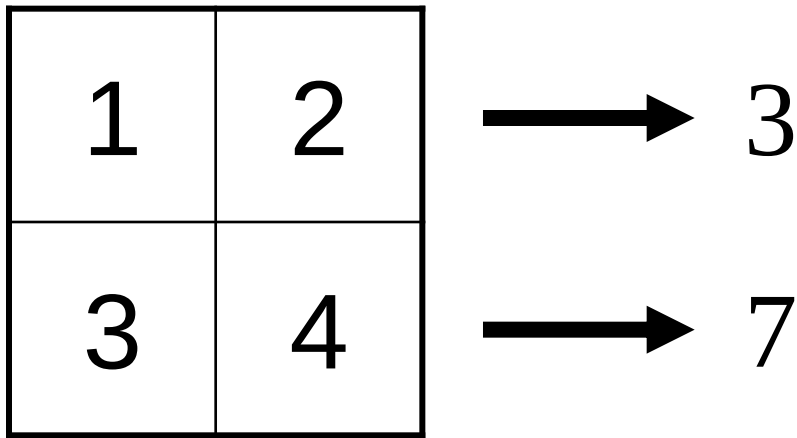
→ 5



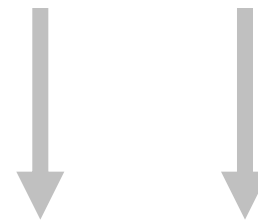
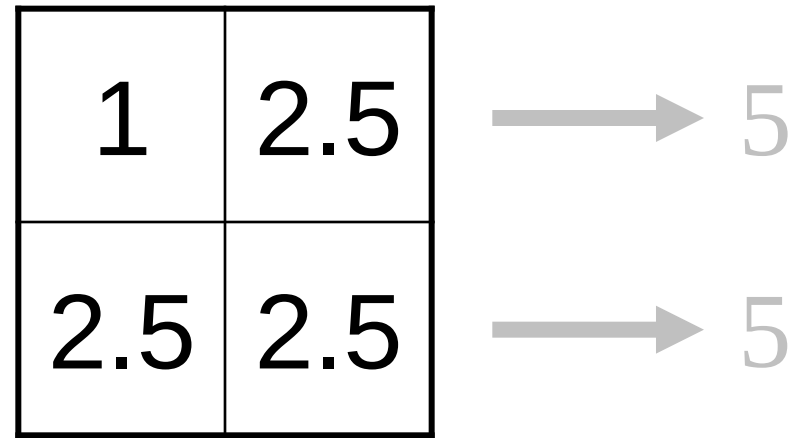
5 5

$$c_{11} = (3 - 5)/2 + (4 - 5)/2 = -2/2 - 1/2$$

$$c_{11} = -1 - 0.5 = -1.5$$



4 6



5 5

$$c_{12} = (3 - 5)/2 + (6 - 5)/2 = -2/2 + 1/2$$
$$= -1 + 0.5 = -0.5$$

1	2
3	4

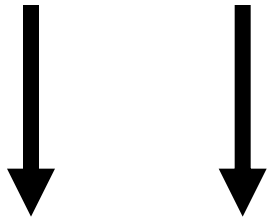
→ 3

→ 7

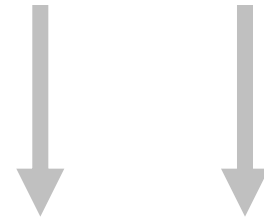
1	2
2.5	2.5

→ 5

→ 5



4 6



5 5

$$c_{13} = (7 - 5)/2 + (4 - 5)/2 = 2/2 - 1/2 \quad c_{13} = 1 - 0.5 = 0.5$$

1	2
3	4

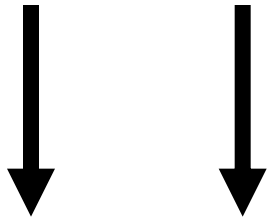
→ 3

→ 7

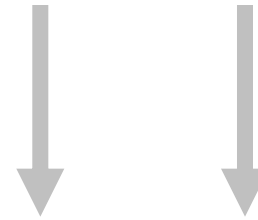
1	2
3	2.5

→ 5

→ 5



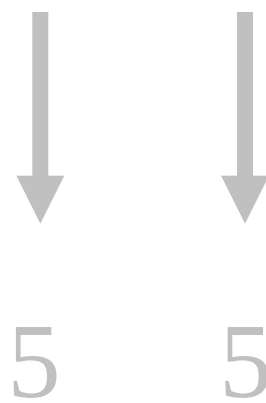
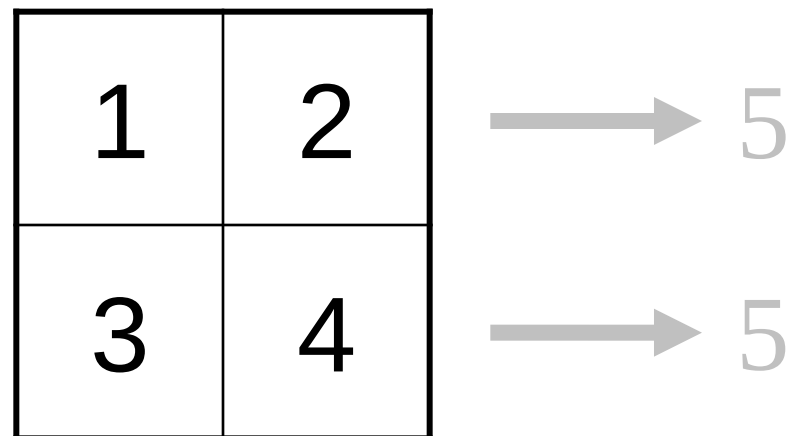
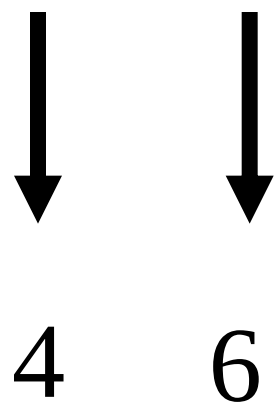
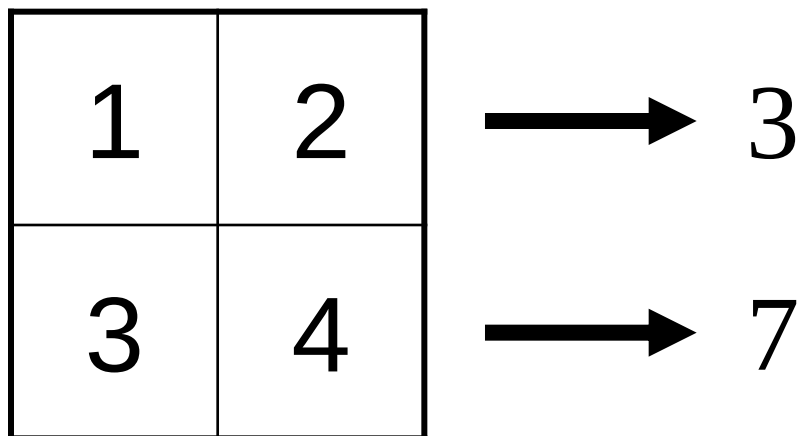
4 6

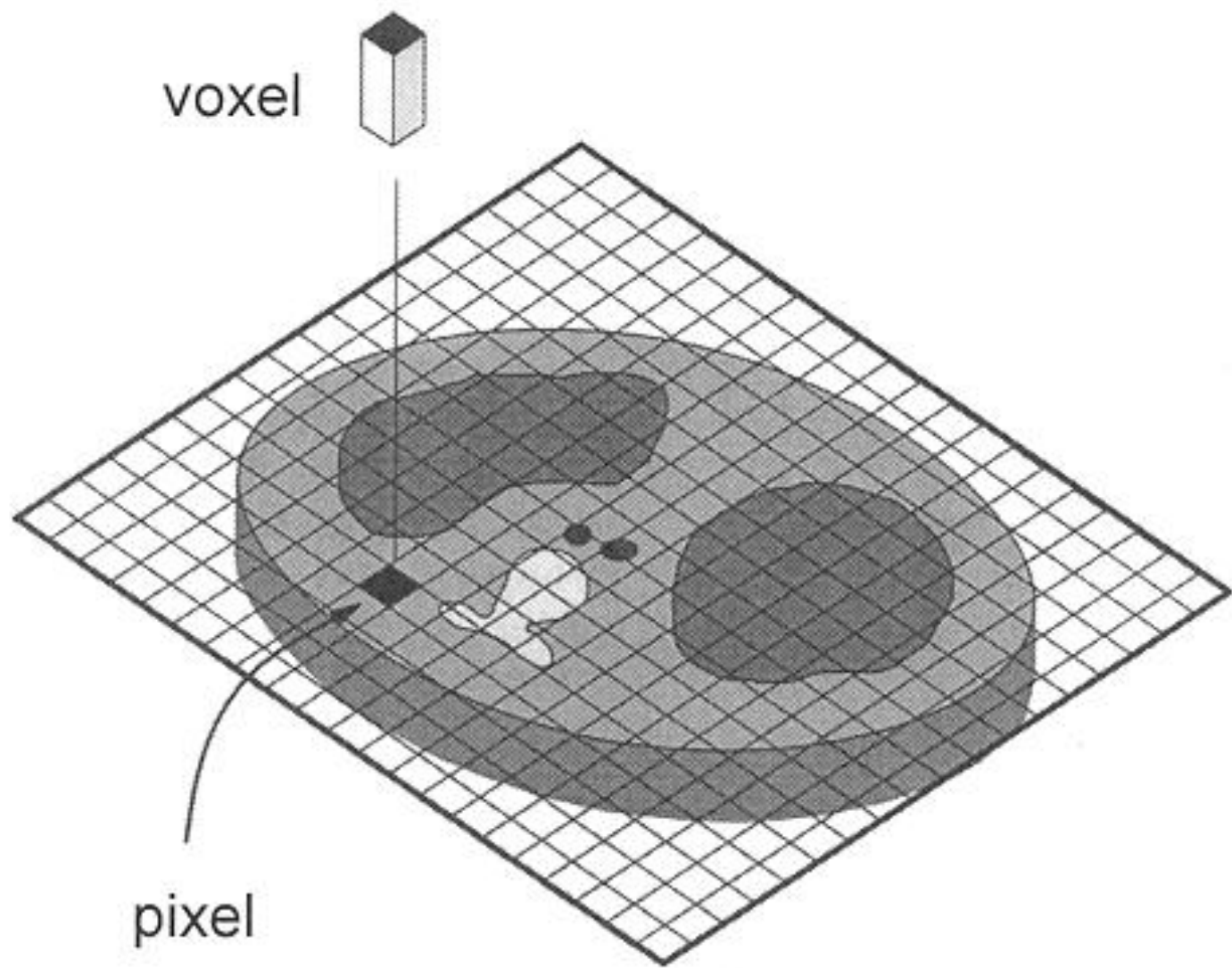


5 5

$$c_{14} = (7 - 5)/2 + (6 - 5)/2 = 2/2 + 1/2$$

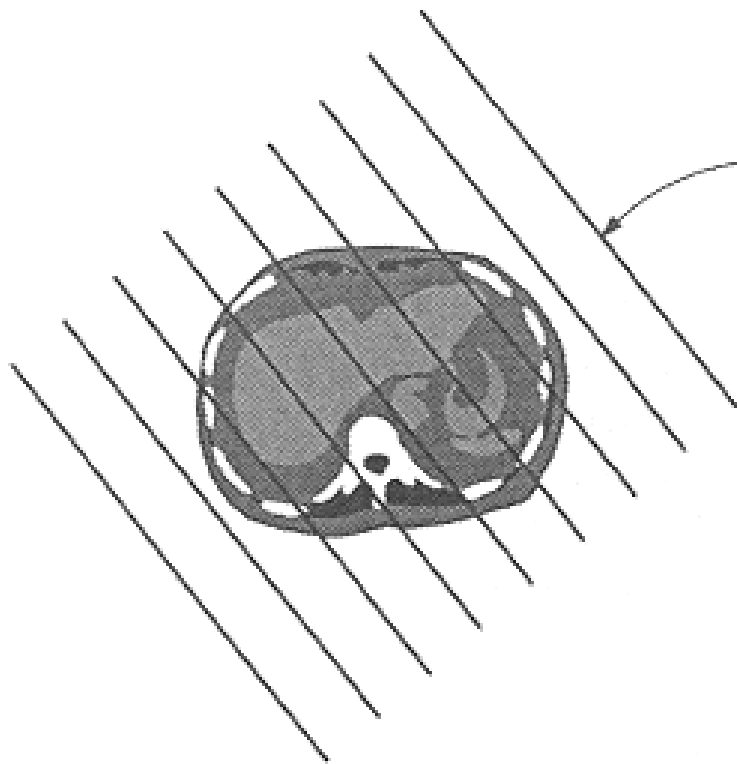
$$c_{14} = 1 + 0.5 = 1.5$$



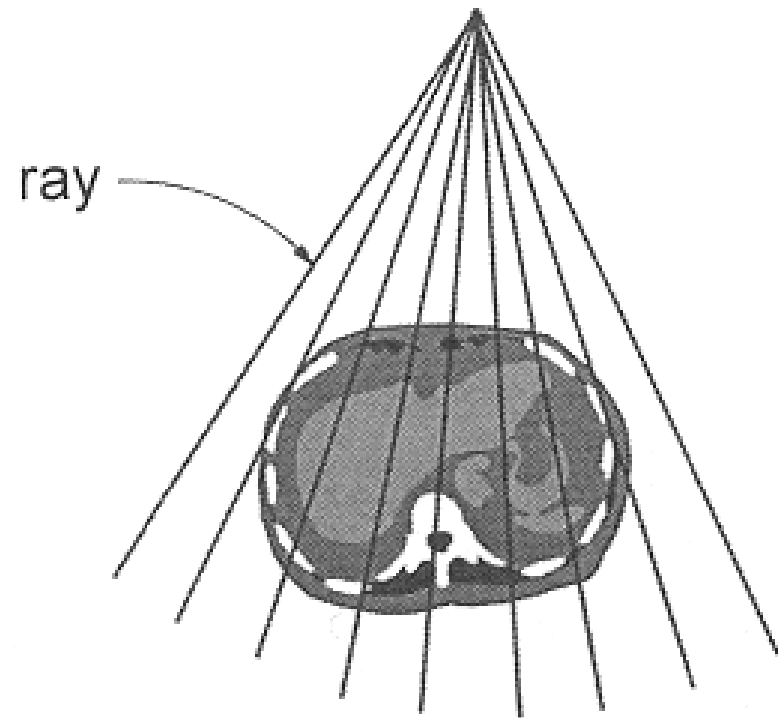


حصول توموگرافی

- اندازه گیری انتقال منفرد از بیمار که توسط یک آشکارساز منفرد در یک لحظه معین انجام می شود ، اشعه نامیده می شود
- مجموعه ای از پرتوهای که در جهت یکسان از بیمار عبور می کنند ، یک پراجکشن یا نما نامیده می شود
- دو هندسه پراجکشن در تصویربرداری CT استفاده می شود:
 - هندسه پرتو موازی که تمام پرتوهای موجود در یک پراجکشن موازی با یکدیگرند
 - هندسه پرتو Fan، که در آن پرتوها در یک زاویه پراجکشن مشخص واگرایی می شوند



parallel beam projection



fan beam projection

حصول

- هدف از سخت افزار اسکنر CT دستیابی به تعداد زیادی از اندازه گیری های انتقال در طول بیمار در موقعیت های مختلف است
- یک تصویر CT ممکن است شامل ۸۰۰ پرتوی گرفته شده در ۱۰۰۰ زاویه پراجکشن مختلف باشد
- قبل از حصول برش بعدی ، تختی که بیمار روی آن قرار دارد کمی در جهت cranial-caudal ("محور z "اسکنر) جابجا می شود.

بازسازی توموگرافیکی

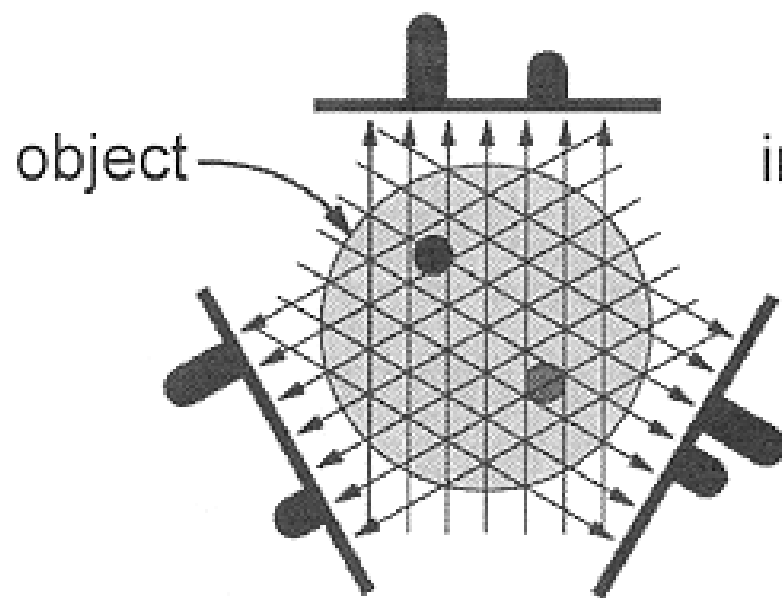
- هر پرتو به دست آمده در سی تی اندازه گیری انتقال در طول بیمار در امتداد یک خط است
- شدت تضعیف نشده پرتوی اشعه ایکس نیز در طول اسکن توسط یک آشکارساز مرجع اندازه گیری می شود

$$I_t = I_0 e^{-\mu t}$$

$$\ln(I_0 / I_t) = \mu t$$

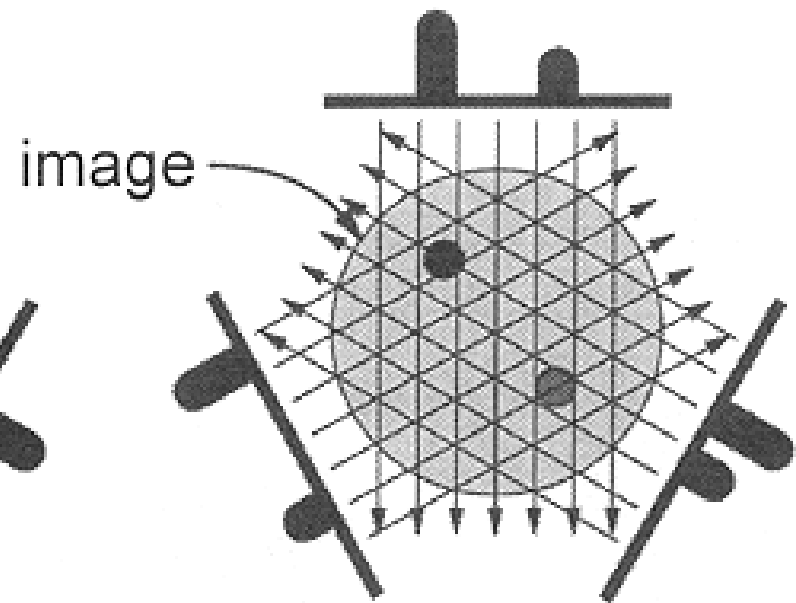
بازسازی

- تعداد زیادی الگوریتم بازسازی وجود دارد
- بازسازی **Filtered backprojection** بیشتر در اسکنرهای CT بالینی استفاده می شود
- با استفاده از معکوس کردن مراحل حصول، تصویر CT را ایجاد می کند
- مقدار μ برای هر پرتوی در همان مسیر در تصویر بیمار تعیین می شود
- زمانیکه داده ها از تعداد زیادی پرتو بر روی ماتریس تصویر **backproject** می شوند، مناطقی با میزان تضعیف بالا تمایل به متمایز کردن یکدیگر دارند، مشابه مناطقی که دارای تضعیف کم هستند و در نهایت تصویر ایجاد می شود.



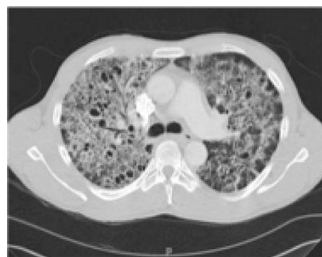
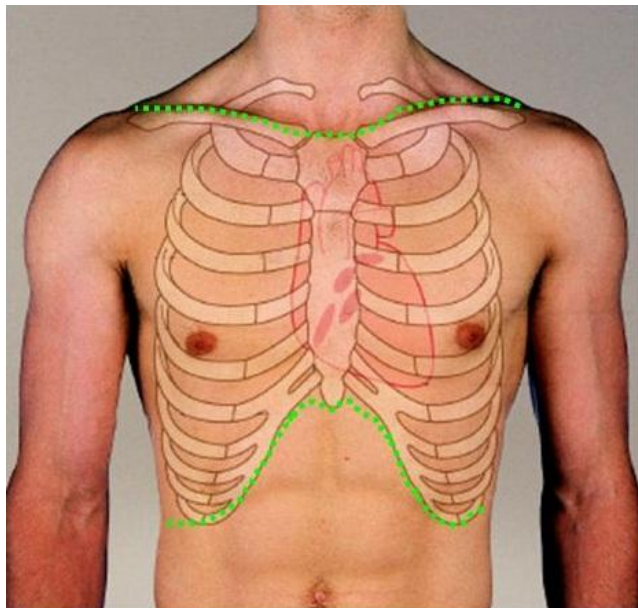
object

acquisition



image

backprojection



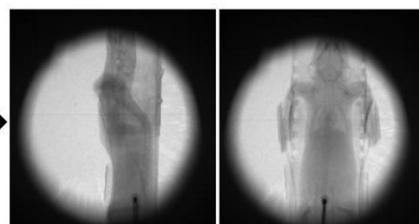
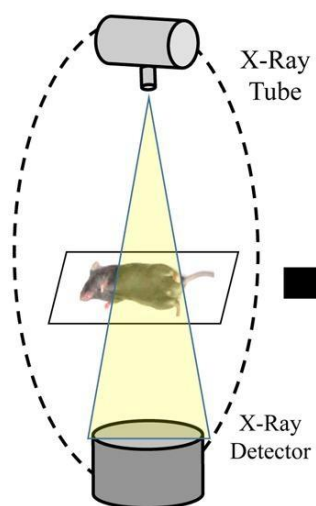
Axial view
Top to bottom



Coronal view
Front to back

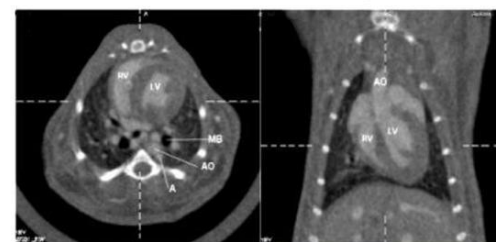


Sagittal view
Side to side

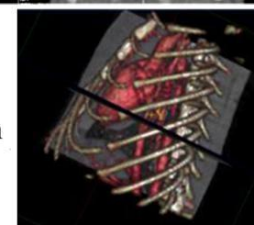


2D Radiographs

Cross-Sectional Images



3D
Visualization





اپیدمیولوژی تظاهرات رادیولوژیکی

	95% CI	P (Cochran's Q test)	I ²	Number of studies
GGOs	0.78 (0.64, 0.89)	.00	96.35	13
Consolidation	0.34 (0.21, 0.48)	.00	94.98	11
Pleural effusion	0.03 (0.00, 0.07)	.00	77.75	9
Air bronchogram	0.25 (0.01, 0.64)	.00	92.55	3
Lymphadenopathy	0.01 (0.00, 0.03)	.38	5.52	6
Nodule	0.27 (0.02, 0.65)	.00	97.00	3
Crazy-paving pattern	0.24 (0.15, 0.34)	.00	72.17	6
Interlobular septal thickening	0.51 (0.26, 0.76)	.00	89.78	4
Bronchial wall thickening	0.13 (0.04, 0.26)	.00	84.93	4
Reticulation	0.19 (0.02, 0.46)	.00	96.04	4
Subpleural bands	0.58 (0.12, 0.97)	.00	98.36	3
Traction bronchiectasis	0.31 (0.12, 0.55)	.00	94.41	4
Vascular enlargement	0.79 (0.74, 0.84)	.16	44.84	3
Right upper lobe	0.49 (0.16, 0.83)	.00	95.18	3
Right middle lobe	0.47 (0.23, 0.72)	.00	90.59	3
Right lower lobe	0.80 (0.74, 0.86)	.00	88.92	3
Left upper lobe	0.61 (0.22, 0.93)	.00	96.15	3
Left lower lobe	0.81 (0.53, 0.98)	.00	92.79	3
Unilateral pneumonia	0.22 (0.12, 0.33)	.00	80.83	6
Peripheral	0.91 (0.87, 0.94)	.02	70.47	4
Central	0.05 (0.00, 0.24)	.00	94.79	3
1 lobe involved	0.26 (0.07, 0.52)	.00	90.67	3
2 lobes involved	0.21 (0.01, 0.54)	.00	94.51	3
Over 2 lobes involved	0.57 (0.23, 0.87)	.00	94.88	3

Meta-analysis of chestCTfeatures of patients withCOVID-19 pneumonia. Ying Zheng, Ling Wang, Suqin BenJ Med Virol. 2020;1–9.

CT manifestations	Pooled transformed results (95 % CI)	Pooled proportion (95 % CI)*
Patterns of the lesion		
GGO	2.3 (1.97, 2.62)	83.31 (69.43, 93.35)
Consolidation	1.45 (1.22, 1.68)	43.97 (32.82, 55.45)
GGO mixed consolidation	1.74 (1.54, 1.93)	58.42 (48.46, 67.58)
Air bronchogram	1.5 (0.87, 2.14)	46.46 (17.76, 76.95)
Interlobular septal thickening	1.54 (0.69, 2.38)	48.46 (11.44, 86.19)
Crazy paving pattern	0.79 (0.52, 1.07)	14.81 (6.61, 25.99)
Bronchiectasis	0.47 (0.03, 0.91)	5.42 (0.02, 19.31)
Adjacent pleura thickening	1.62 (0.81, 2.42)	52.46 (15.53, 87.54)
Pleural effusion	0.49 (0.37, 0.6)	5.88 (3.38, 8.73)
Pericardial effusion	0.43 (0.29, 0.57)	4.55 (2.09, 7.90)
Lymphadenopathy	0.37 (0.2, 0.53)	3.38 (1.00, 6.86)
Lesion distribution		
Bilateral Lung	2.17 (1.89, 2.44)	78.2 (65.69, 88.19)
Peripheral	2.14 (1.72, 2.55)	76.95 (57.43, 91.50)
central	0.67 (-0.07, 1.4)	10.81 (0.12, 41.50)
Lobe of lesion distribution		
Right upper lobe	1.88 (1.67, 2.1)	65.22 (54.95, 75.24)
Right middle lobe	1.67 (1.53, 1.8)	54.95 (47.96, 61.36)
Right lower lobe	2.41 (2.22, 2.6)	87.21 (80.23, 92.84)
Left upper lobe	1.97 (1.75, 2.19)	69.43 (58.91, 79.02)
Left lower lobe	2.25 (2.12, 2.39)	81.41 (76.1, 86.53)
Bilateral upper lobes	1.79 (1.6, 1.97)	60.87 (51.46, 69.43)
Bilateral lower lobes	1.88 (1.69, 2.07)	65.22 (55.95, 73.94)
Number of Lobes involved		
1	0.81 (0.52, 1.09)	15.53 (6.61, 26.88)
2	0.75 (0.62, 0.87)	13.42 (9.31, 17.76)
3	0.67 (0.55, 0.8)	10.81 (7.37, 15.16)
4	0.94 (0.76, 1.12)	20.51 (13.76, 28.22)
5	1.36 (1.24, 1.49)	39.54 (33.76, 45.96)
lobes Involved ≥ 3	2 (1.808, 2.192)	70.81 (61.75, 79.10)

- Bao C, Liu X, Zhang H, Li Y, Liu J, COVID-19 Computed Tomography Findings: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Journal of the American College of Radiology* (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2020.03.006>

CT findings	No.(%) of patients
GGOs and consolidation	
Absence of both GGOs and consolidation	29(13)
GGOs(Round)	7(3.1)
GGOs(Patchy)	163(73.1)
Consolidation	71(31.8)
Presence of GGOs with consolidation	45(20.2)
Presence of GGOs without consolidation	123(55.2)
Presence of consolidation without GGOs	26(11.7)
Crazy paving	22(9.9)
Spider web sign	2(0.9)
Reversed halo sign	4(1.8)
Vascular dilation	7(3.1)
Pleural fluid	40(17.9)
Enlarged lymph node	0(0)
Traction bronchiectasis	5(2.2)
Sub pleural bands and architectural distortion	5(2.2)

N=223 patients

Affected zone	Unilateral lung		Bilateral lung	
	Affected lobe	No.(%) of patients	Affected lobe	No.(%) of patients
Peripheral	Left upper lobe	1(0.4)	Left upper lobe	145(65)
	Left lower lobe	3(1.3)	Left lower lobe	151(67.7)
	Right upper lobe	1(0.4)	Right upper lobe	137(61.4)
	Right middle lobe	2(0.9)	Right middle lobe	130(58.3)
	Right lower lobe	2(0.9)	Right lower lobe	149(66.8)
Central	Left upper lobe	0(0)	Left upper lobe	1(0.4)
	Left lower lobe	0(0)	Left lower lobe	0(0)
	Right upper lobe	0(0)	Right upper lobe	1(0.4)
	Right middle lobe	0(0)	Right middle lobe	1(0.4)
	Right lower lobe	0(0)	Right lower lobe	1(0.4)
Perbroncha vascular	Left upper lobe	0(0)	Left upper lobe	15(6.7)
	Left lower lobe	0(0)	Left lower lobe	15(6.7)
	Right upper lobe	2(0.9)	Right upper lobe	15(6.7)
	Right middle lobe	1(0.4)	Right middle lobe	14(6.3)
	Right lower lobe	1(0.4)	Right lower lobe	15(6.7)