

Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Лекц 2: Дижитал зургийн боловсруулалтын үндсэн ойлголт



2 *Digital Image Fundamentals*

Those who wish to succeed must ask the right
preliminary questions.

Aristotle

Унших ном: Бүлэг 2

Өнөөдрийн хичээлээр

- Дижитал зургийн боловсруулалтын зарим үндсэн ойлголтууд
 - Хүний харааны систем
- Дүрс илрүүлэлтийн үндэс
 - Дүрс илрүүлэлтийн үндэс

Унших бүлэг: Бүлэг 2

Хүний харааны системийн шинж чанарууд

- Торлог ба эвэрлэг бүрхүүл (Rodes vs Cones)
- Гэрэл нэвтрүүлэлт (Brightness adaptation)
- Гэрлийн ялгарал (Brightness discrimination):
Weber Ratio

Хүний харааны мэдэрхүй

Хүлээгдэж буй эрчим нь эрчийг тодорхойлох энгийн функц биш юм

- Ирмэг (Edge)
- Тодрол (contrast) хамтад нь тодорхойлно

Хуурмаг үзэгдэл (Optical illusion)

- Хуурмаг хүрээ (Illusory contours)
- Зураг/байрлал (Figure/ground)

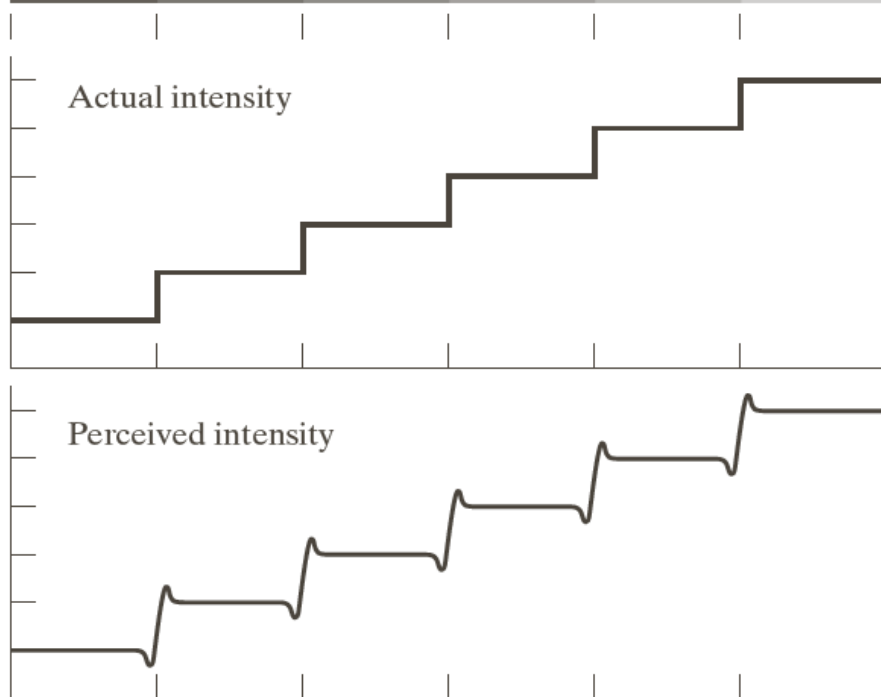
Хүлээгдэж буй эрчим нь бодит эрчийг тодорхойлох энгийн функц биш юм



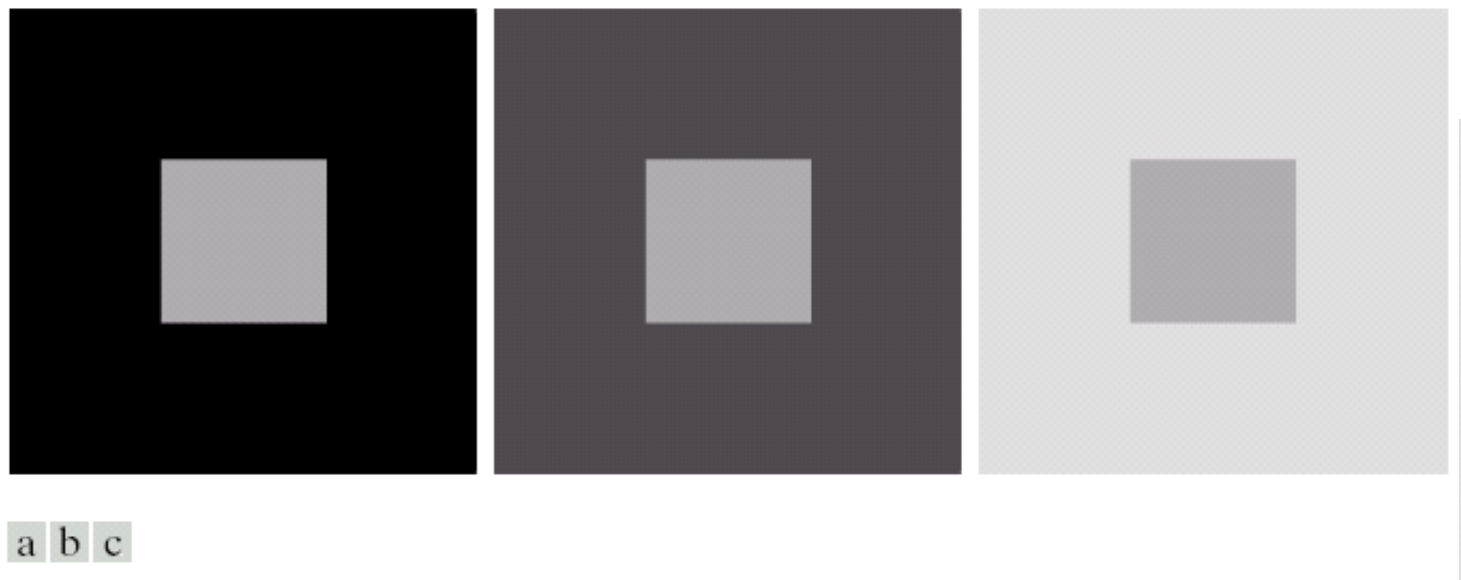
a
b
c

FIGURE 2.7

Illustration of the Mach band effect. Perceived intensity is not a simple function of actual intensity.



Хүлээгдэж буй эрчим нь бодит эрчийг тодорхойлох энгийн функц биш юм



Зураг 2.8 Зэрэгцээ тодролын жишээ. Бүх дотоод квадратууд ижил тодролтой хэдий ч дэвсгэр нь цайрч байхад улам бараан болж харагдаж байна.

Хүний харааны мэдэрхүй

Хүлээгдэж буй эрчим нь эрчийг тодорхойлох энгийн функц биш юм

- Ирмэг (Edge)
- Тодрол (contrast) хамтад нь тодорхойлно

Хуурмаг үзэгдэл (Optical illusion)

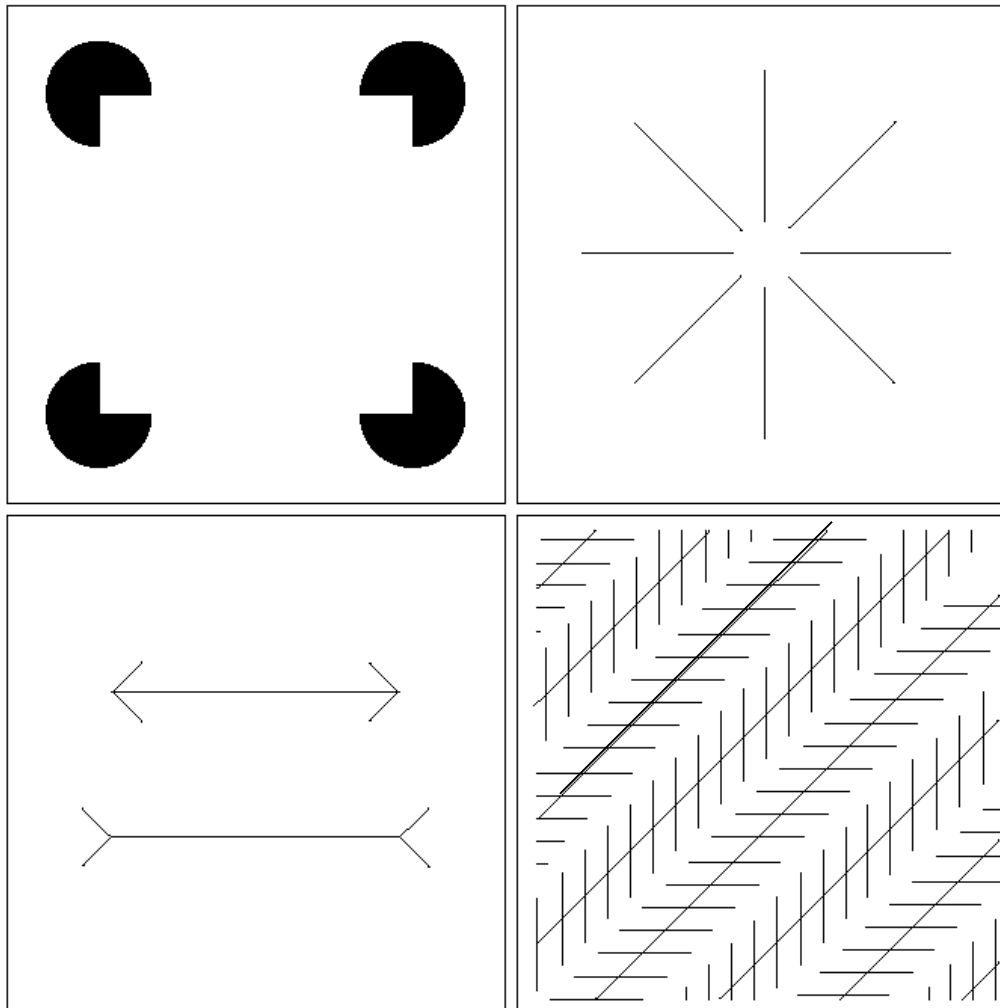
- Хуурмаг хүрээ (Illusory contours)
- Зураг/байрлал (Figure/ground)

Хуурмаг үзэгдэл: Хүний харааны системийн төвөгтэй байдал

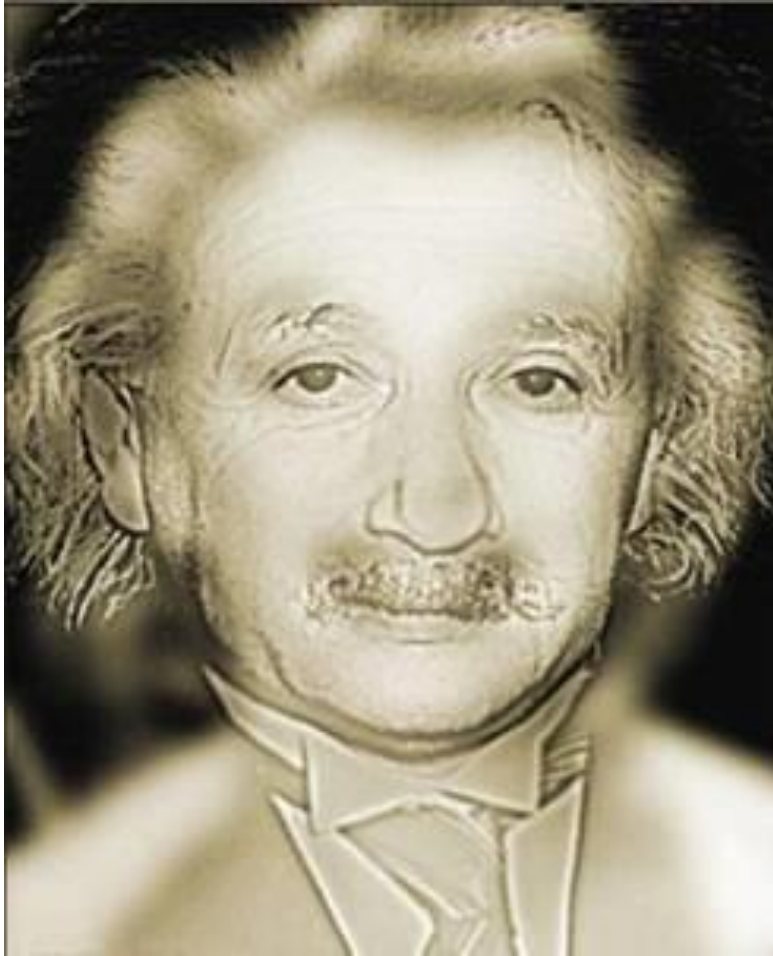
a b
c d

FIGURE 2.9 Some well-known optical illusions.

Зураг 2.9
Бидний сайн
мэдэх зарим
хуурмаг
үзэгдэлүүд



Илүү хуурмаг үзэгдэл



<http://www.123opticalillusions.com/>



<http://brainden.com/optical-illusions.htm>

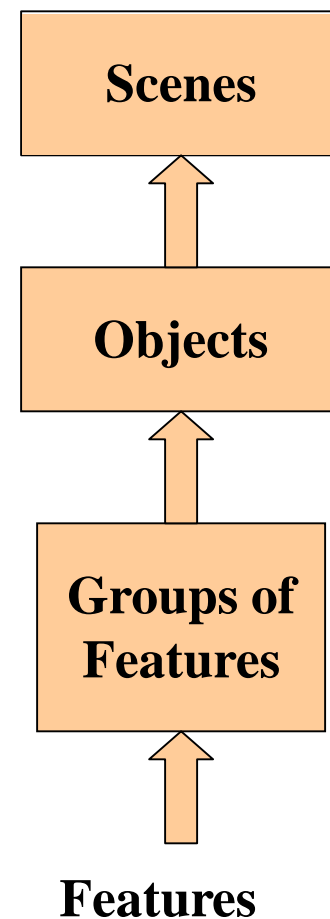
Объект танилт/мэдрэхүй

Object Perception

Бид үзэгдэл, объект, онцлог зэргийн ялгааг хэрхэн мэдэрдэг вэ?

Орчны хувьд?

- Үзэгдлийг мэдрэх үйл явц нь олон түвшинд мэдрэхүйн дүн шинжилгээг хамрана.



Тус харааны мэдээллийг ашиглан бид юу хийдэг вэ?

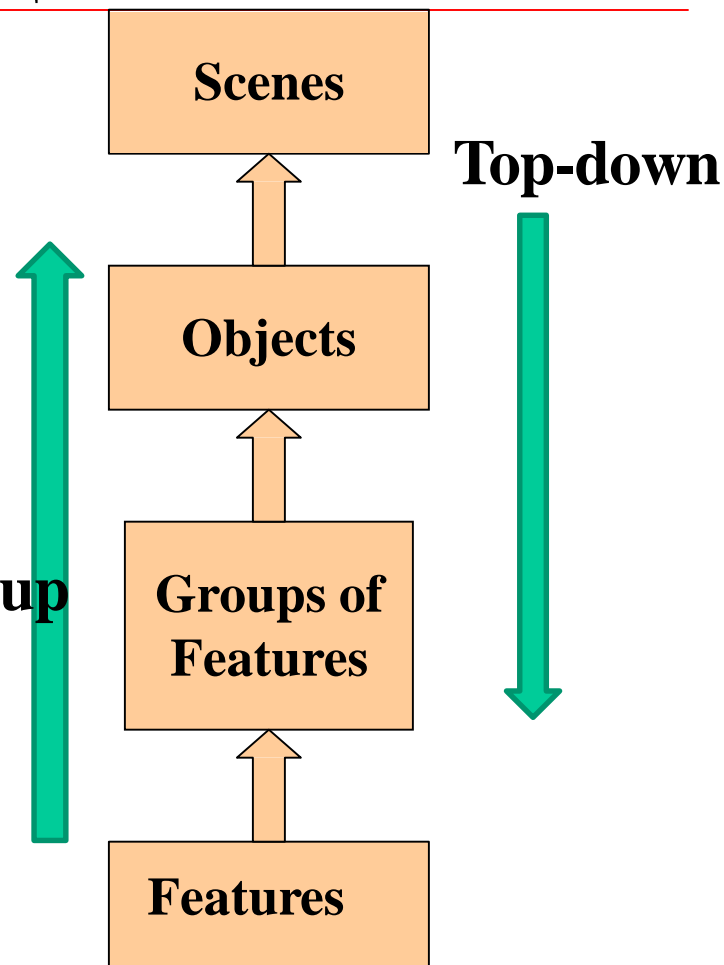
“Дээрээс доош чиглэсэн процесс”

- Data-driven
- Мэдрэхүй тархинд хүрдэг бөгөөд ингэснээр тархи үүнийг ойлгодог.

“Дээрээс доош чиглэсэн процесс”

- Танин мэдэхүйн нь бидний мэдрэхүйг мэдээллэх үүрэгтэй
- Жнь., Шөнө дунд хөрөгөг рүү алхах

Bottom-up

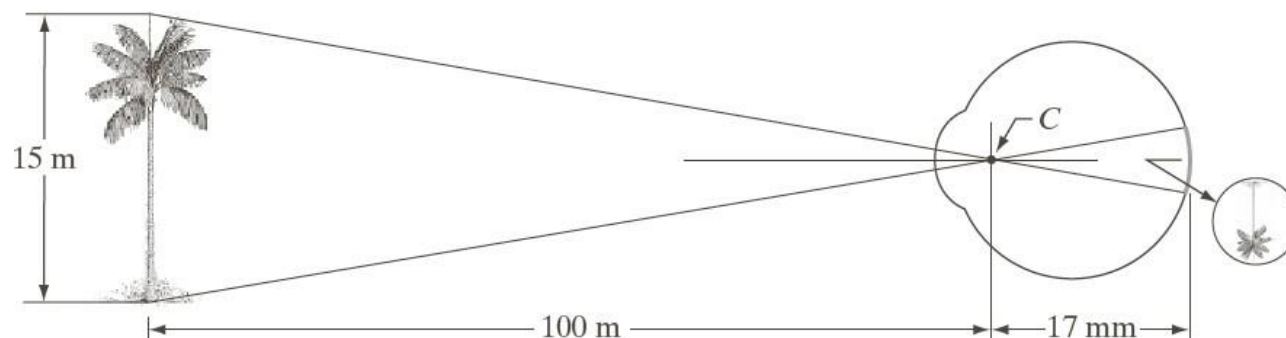


Өнөөдрийн хичээлээр

- Дижитал зургийн боловсруулалтын зарим үндсэн ойлголтууд
 - Хүний харааны систем
- Зураг илрүүлэлтийн үндэс
 - Геометр – хэмжээ, байршил,....
 - Харагдах байдал – өнгө, эрчим

Нүдэн дэх дүрсийн үүсэл

Дүрс нь торлог бүрхүүл/зургийн хавтгайд дээрээс доош



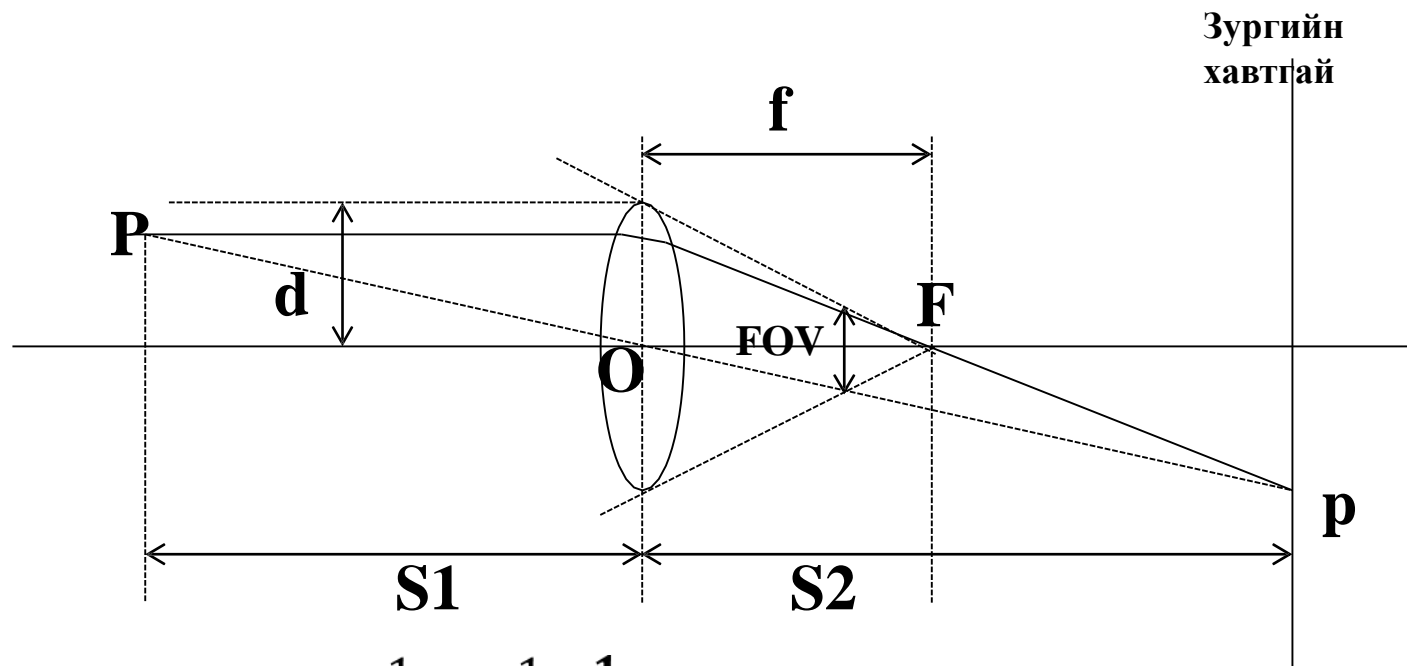
Зураг 2.3

Далдуу модыг
харах нүдний
график дүрслэл.
С цэг нь
линзний оптик
төв юм.

Фокусын уртыг тохируулна

- Камер
- Хүний хараа

Линзний параметрууд



Нимгэн линзийн
онол : $\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f}$

Харах талбар
FOV $\omega = 2 \arctan \frac{d}{f}$

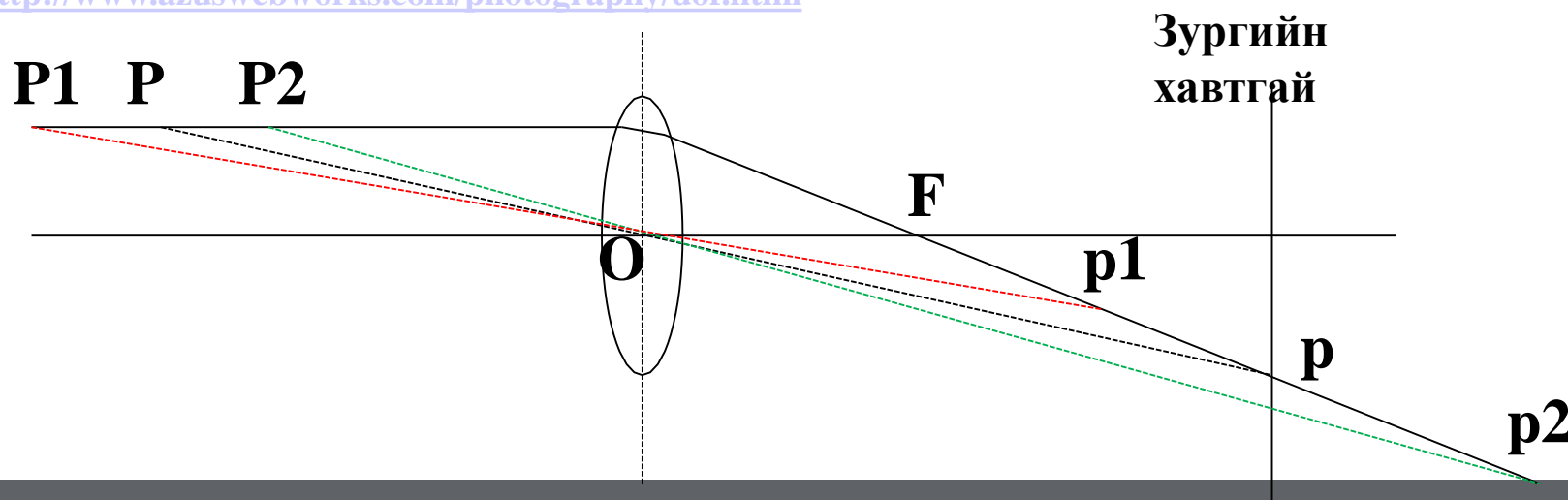
- Объектоос линз хүртэлх зайг ихэсгэвэл зургийн хэмжээ багасна
- Холын фокусын линз нь жижиг FOV бий болгоно.

Талбарын гүн ба Фокусын гадна

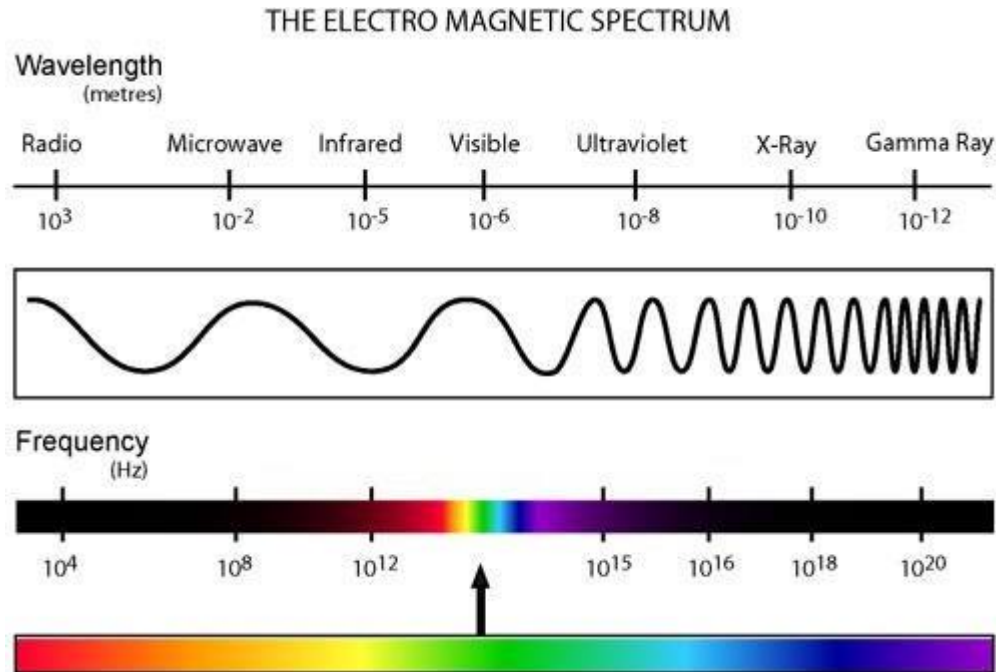


- DOF нь фокусын урттай урвуу пропорциональ байна
- DOF нь S_1 -тэй пропорциональ байна

<http://www.azuswebworks.com/photography/dof.html>



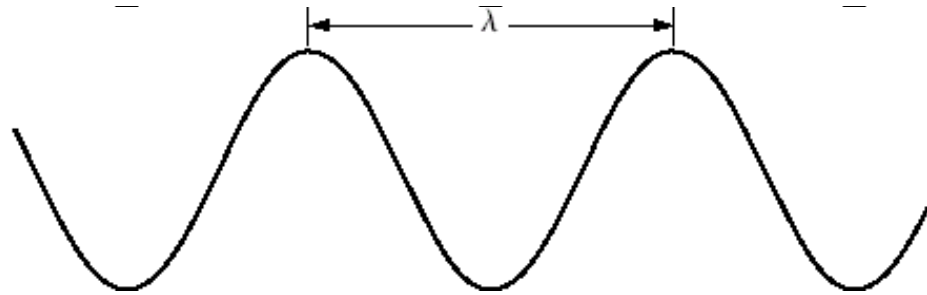
Гэрэл ба ЕМ Спектр



<http://www.kollewin.com/blog/electromagnetic-spectrum/>

Долгионы урт, давтамж ба энергийн хоорондын харилцаа

Зураг 2.11 Нэг
долгионы хувьд
график дүрслэл



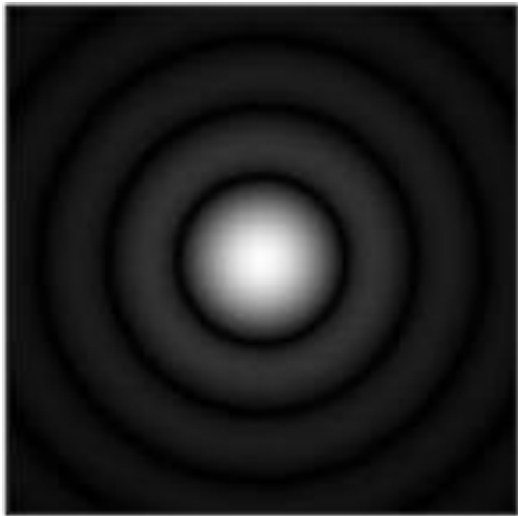
долгион (λ), давтамж(ν), энерги(E)

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \quad c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s} \text{ нь гэрлийн хурд юм.}$$

$$E = h\nu, \quad h \text{ нь Planck's тогтмол, } 6.626068 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s} \text{ байна}$$

Гэрэл ба ЕМ Спектр

Доорхи зургаас аль объектийг харж чадах вэ? Дифракц-Хязгаар.

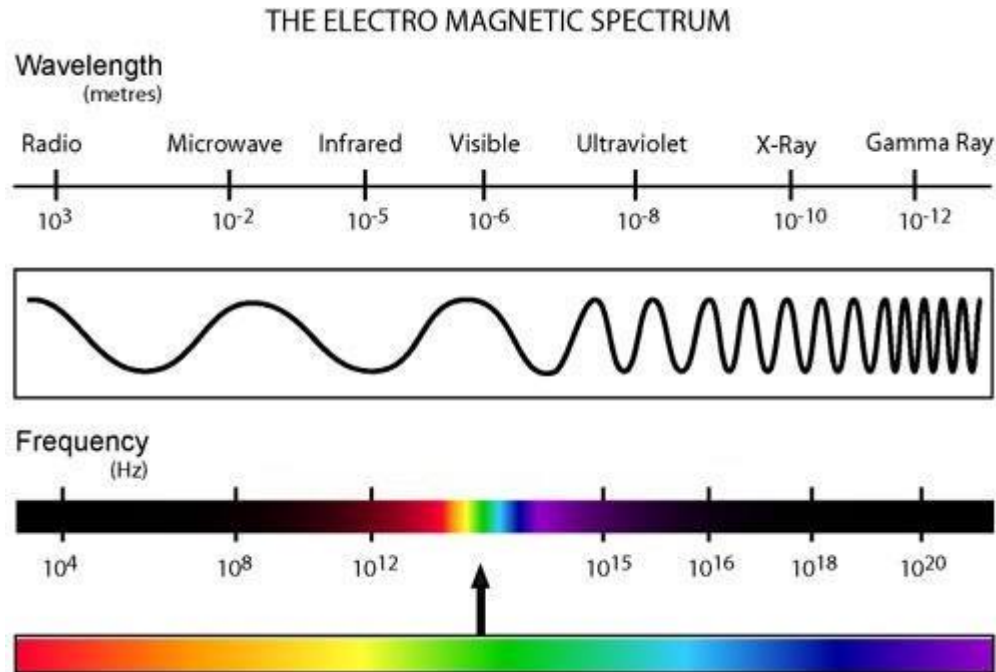


Агаарын диск: хэмжээ нь долгионы урт ба f -тоотой пропорциональ байна (фокусын урт/линзний хэмжээ)

$$\sim \lambda \frac{f}{d}$$

http://en.wikipedia.org/wiki/Airy_disc

Гэрэл ба ЕМ Спектр



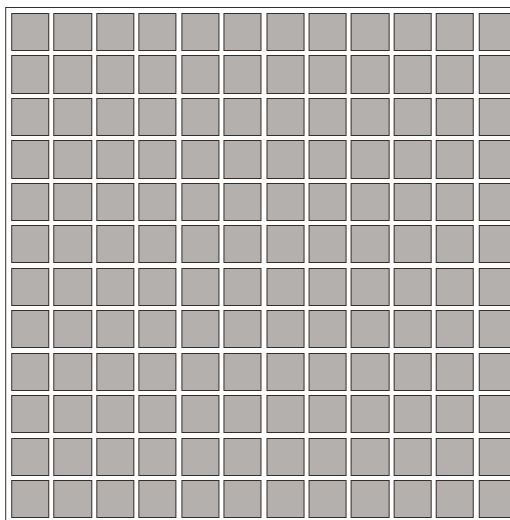
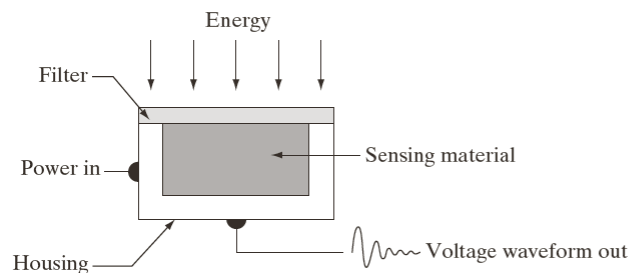
<http://www.kollewin.com/blog/electromagnetic-spectrum/>

Дүрс мэдрэх ба олж илрүүлэх

Гэрэлтүүлгийн
энерги →
дигитал дүрс

Ирж буй энерги
нь хүчдэл болж
хувирдаг

Хариуг тоогоор
дүрслэх



a
b
c

FIGURE 2.12
(a) Single imaging sensor.
(b) Line sensor.
(c) Array sensor.

2D Зураг

Зураг = 2D функц $f(x,y)$

- x ба y нь координат
- $f(x,y)$ нь эрчим буюу саарал түвшин юм

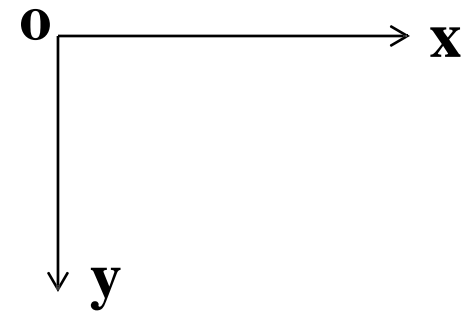
Дижитал зураг:

- x , y , ба $f(x,y)$ бүгд төгсгөлөг тоо
- Жишээлбэл $x \in \{1,2,\dots, M\}$, $y \in \{1,2,\dots, N\}$

$$f(x, y) \in \{0,1,2,\dots,255\}$$

Дижитал зургийн боловсруулалт → дижитал компьютерийн тусламжтайгаар дижитал зургийг боловсруулах

Дижитал зургийн элемент (x,y) **pixel (цэг) гэж нэрлэдэг (picture element)**



Зураг үүсгэх энгийн загвар

$$f(x, y) = i(x, y) \cdot r(x, y)$$

$0 < f(x, y) < \infty$: Зураг (эерэг болон төгсгөлөг)

Source: $0 < i(x, y) < \infty$: Гэрэлтүүлгийн бүрэлдэхүүн хэсэг

Object: $0 < r(x, y) < 1$: Гэрлийн тусгал / дамжуулах хэсэг

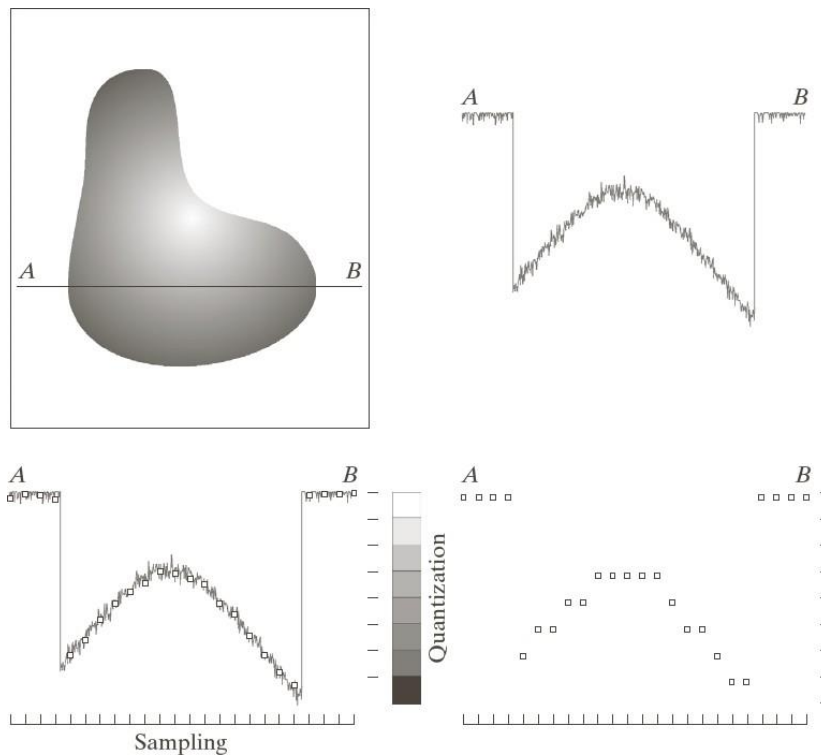
$$L_{\min} < f(x, y) < L_{\max} \quad \text{пРАКТИКТ}$$

$$L_{\min} = i_{\min} r_{\min} \quad \text{ба} \quad L_{\max} = i_{\max} r_{\max}$$

i(x,y): Sunlight: 10,000 lm/m² (cloudy), 90,000lm/m² clear day
Office: 1000 lm/m²

r(x,y): Black velvet 0.01; white pall 0.8; 0.93 snow

Зургийг түүвэрлэх ба тоон үзүүлэлт



a b
c d

FIGURE 2.16

Generating a digital image.

(a) Continuous image. (b) A scan line from A to B in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization.

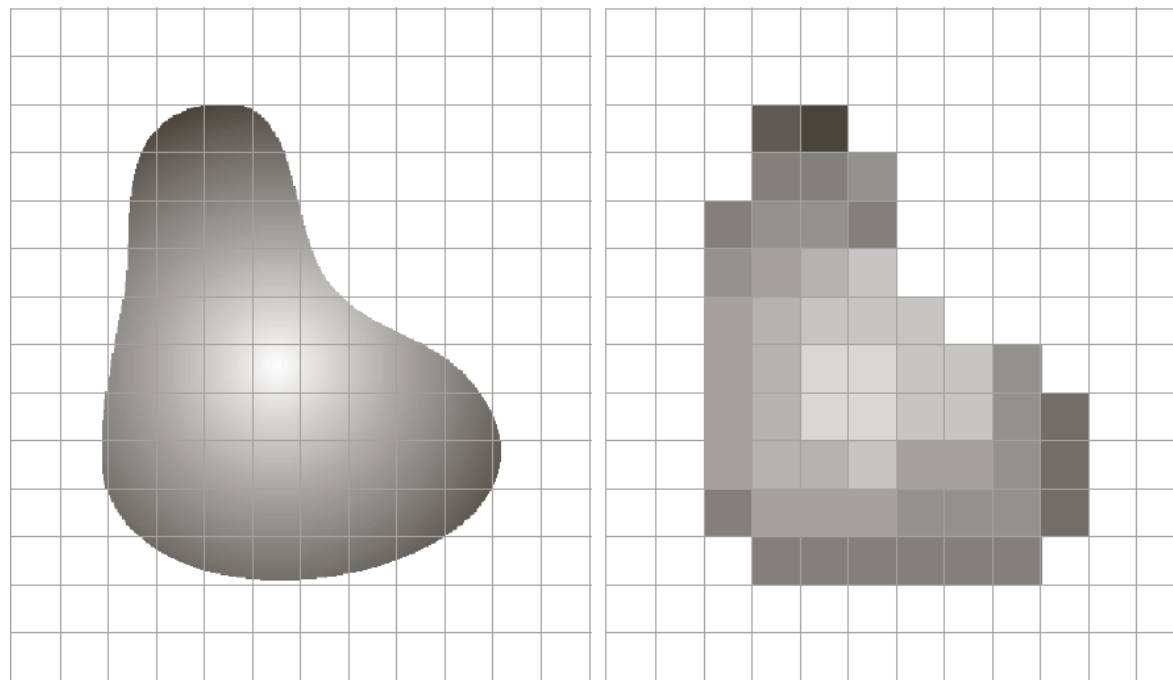
(c) Sampling and quantization.

(d) Digital scan line.

Sampling: Координатын утгуудыг тоон утгаар авах (тоон үзүүлэлтээр тодорхойлдог)

Quantization: далайцын утгыг тоо болгох

Зургийг түүвэрлэх ба Мэдрэгч массив дахь тоон үзүүлэлт



CCD array

a b

FIGURE 2.17 (a) Continuous image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

Динамик муж

$$L_{\min} < f(x,y) < L_{\max} \quad \text{in practice}$$

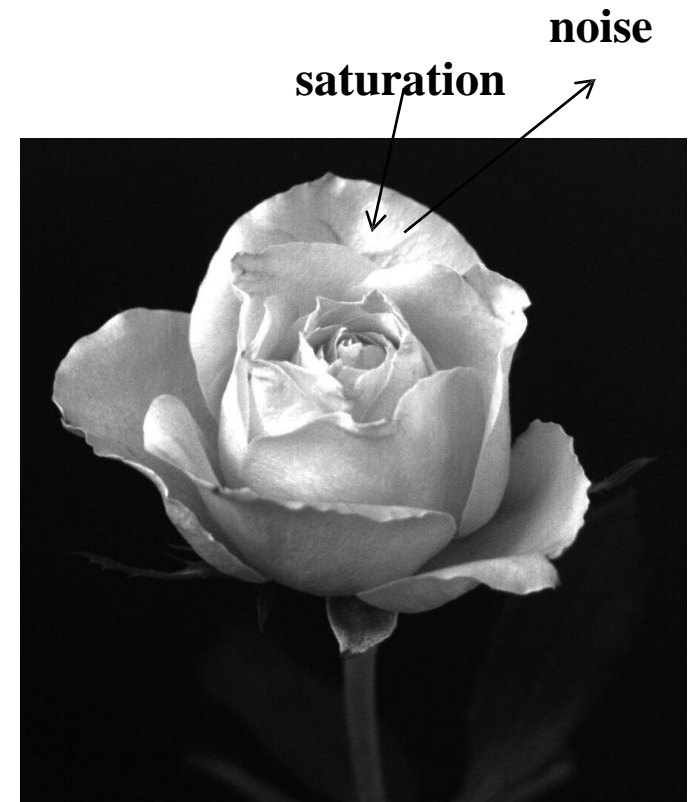
$$\text{where } L_{\min} = i_{\min} r_{\min} \quad \text{and} \quad L_{\max} = i_{\max} r_{\max}$$

$$0 \leq f(x,y) \leq L-1 \quad \text{and} \quad L = 2^k$$

Dynamic range/contrast ratio:

the ratio of the maximum detectable intensity level (saturation) to the minimum detectable intensity level (noise)

$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}}$$



Дижитал зургийг дүрслэх нь

(a): $f(x, y)$, $x=0, 1, \dots, M-1$, $y=0, 1, \dots, N-1$

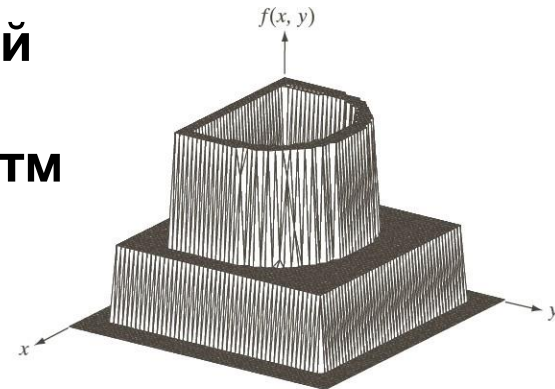
x, y : орон зайн координат \rightarrow spatial domain (b):

визуалчилж харуулахад тохиромжтой

(c): боловсруулах үйл явц ба алгоритм хөгжүүлэлт

x : доош нь өргөтгөх (rows)

y : баруун тийш өргөтгөх (columns)



Зургийг хадгалах битийн тоо



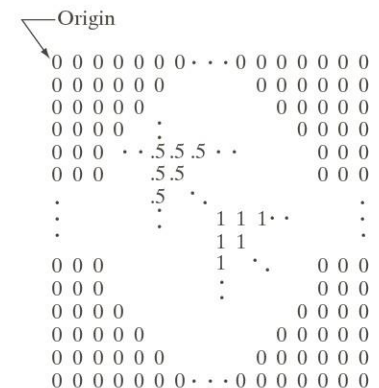
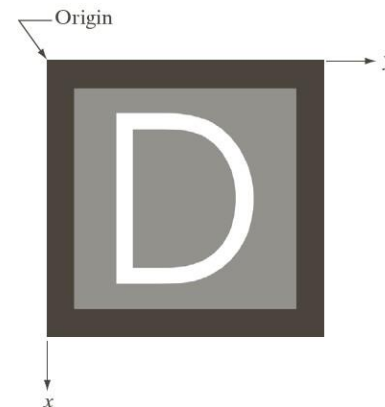
$$b = M \times N \times k$$

FIGURE 2.18

(a) Image plotted as a surface.

(b) Image displayed as a visual intensity array.

(c) Image shown as a 2-D numerical array (0, .5, and 1 represent black, gray, and white, respectively).



Зургийг хадгалах

TABLE 2.1

Number of storage bits for various values of N and k .

N/k	1 ($L = 2$)	2 ($L = 4$)	3 ($L = 8$)	4 ($L = 16$)	5 ($L = 32$)	6 ($L = 64$)	7 ($L = 128$)	8 ($L = 256$)
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912



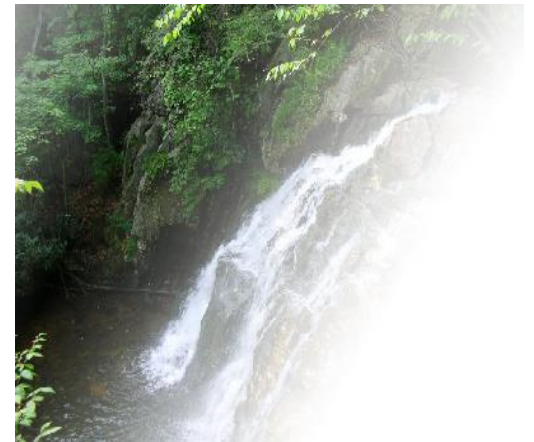




Дижитал зураг гэж юу вэ?

- Зургийн нийтлэг форматуудад:

- 1 sample per point (B&W or Grayscale)
- 3 samples per point (Red, Green, and Blue)
- 4 samples per point (Red, Green, Blue, and “Alpha”, a.k.a. Opacity)



- Хичээлийн ихэнх хэсэгт бид саарал зурагт анхаарал хандуулах болно.

Орон зайн нягтрал

Spatial resolution: хамгийн жижиг нарийн зүйлсүүд

- # нэгж зайд байгаа шулууны хослол
- # нэгж зайд байгаа цэгүүд (pixels)
 - Хэвлэх болон нийтлэх
 - In US, dots per inch (dpi)

Newspaper magazines book



Зургийн том хэмжээ гэдэг нь өөрөө орон зайн өндөр нягтралтай гэсэн үг биш юм!



1280*960



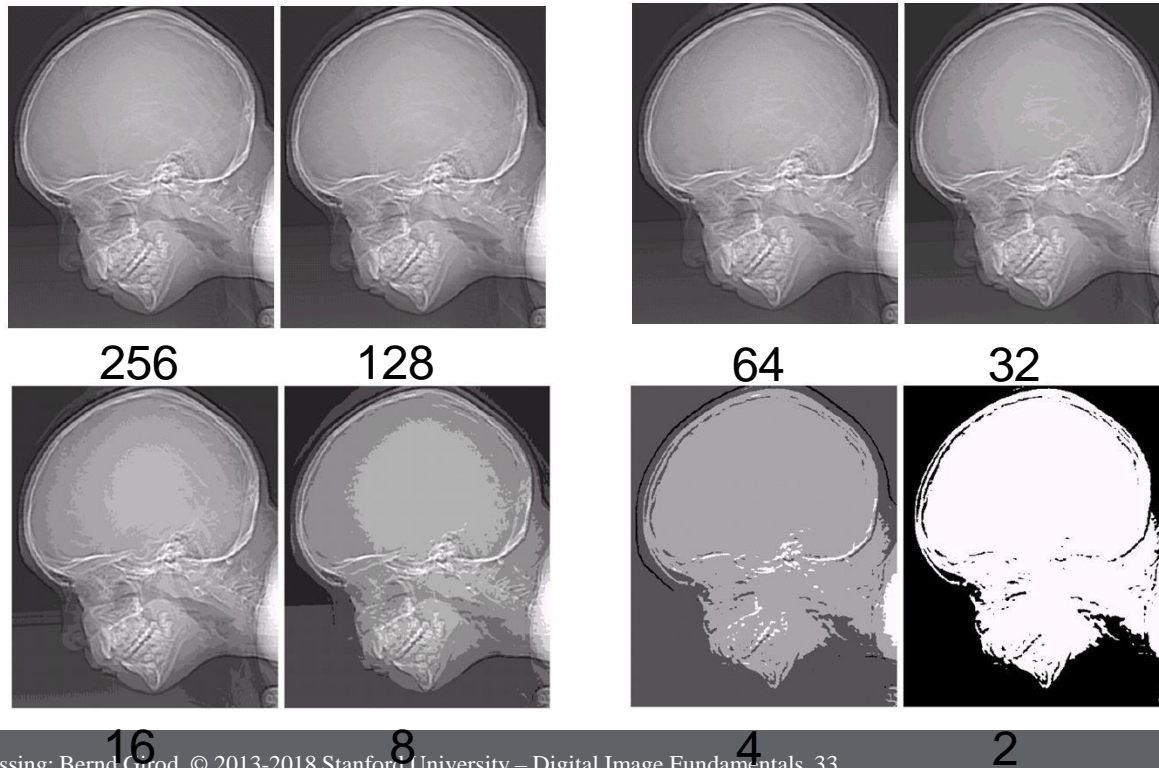
a b
c d

FIGURE 2.20 Typical effects of reducing spatial resolution. Images shown at: (a) 1250 dpi, (b) 300 dpi, (c) 150 dpi, and (d) 72 dpi. The thin black borders were added for clarity. They are not part of the data.

Эрчмийн нягтал (Intensity Resolution)

Intensity resolution

- intensity түвшиний хамгийн бага өөрчлөлт
- Эрчмийн түвшиний тоог ашигладаг
- k нь small – undersampling үед алдаатай хүрээ үүснэ (banding)



Isopreference Curves/Муруй

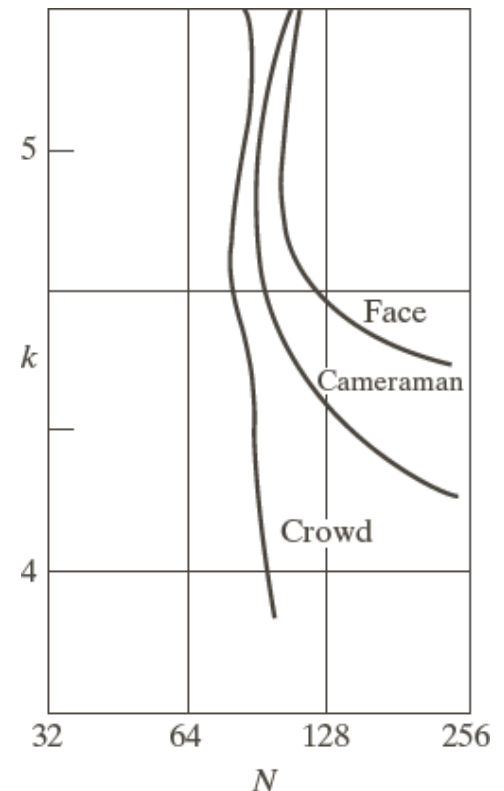


a b c

FIGURE 2.22 (a) Image with a low level of detail. (b) Image with a medium level of detail. (c) Image with a relatively large amount of detail. (Image (b) courtesy of the Massachusetts Institute of Technology.)

Орон зайн болон эрчмийн
түүвэрлэлтийг нэгэн зэрэг өөрчлөнө.

FIGURE 2.23
Typical
isopreference
curves for the
three types of
images in
Fig. 2.22.



Зургийг дахин түүвэрлэх ба Интерполяци/Interpolation

Дараах тохиолдолд зургийг дахин түүвэрлэх шаардлага бий болдог

- Хэмжээ өөрчлөх /Rescaling
- Геометр хувиргалт /Geometrical transformation
- Зургийн координатын гаралт нь дискрет биш байх

Интерполяцын аргууд:

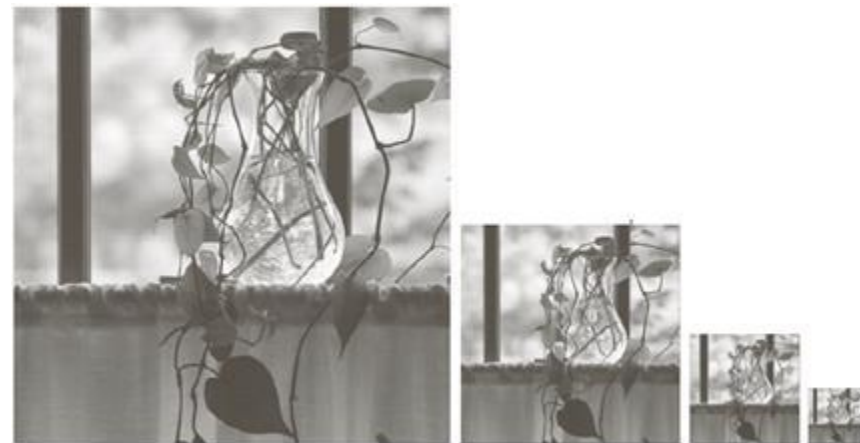
- **Nearest neighbor**

- Fast and simple
- Loss of sharpness
- Artifacts (checkerboard)

- **Bilinear**

- **Bicubic**

- Зургууд нь тод
- Нарийн мэдээллийг хадгалдаг
- Удаан



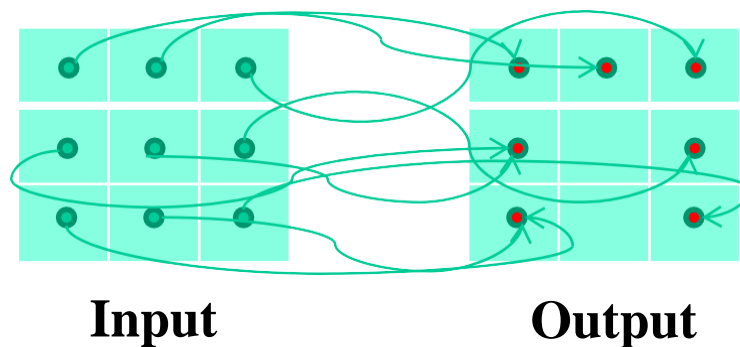
Зургийг дахин түүвэрлэх ба Интерполяци/Interpolation



FIGURE 2.24 (a) Image reduced to 72 dpi and zoomed back to its original size (3692×2812 pixels) using nearest neighbor interpolation. This figure is the same as Fig. 2.20(d). (b) Image shrunk and zoomed using bilinear interpolation. (c) Same as (b) but using bicubic interpolation. (d)–(f) Same sequence, but shrinking down to 150 dpi instead of 72 dpi [Fig. 2.24(d) is the same as Fig. 2.20(c)]. Compare Figs. 2.24(e) and (f), especially the latter, with the original image in Fig. 2.20(a).

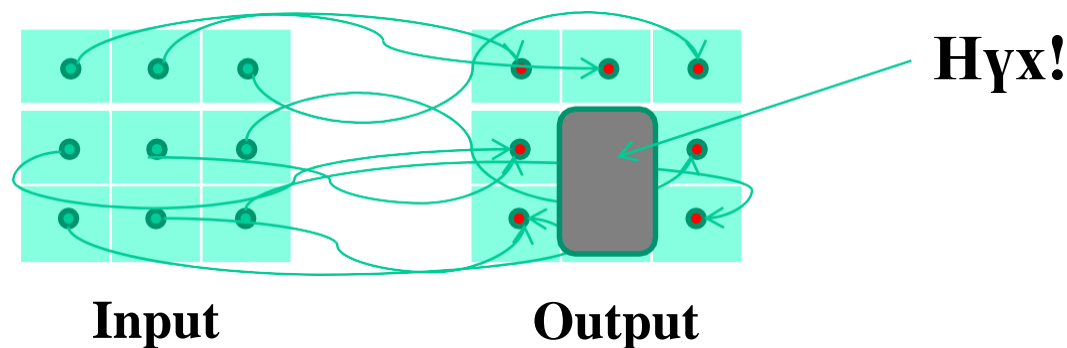
Зургийг дахин түүвэрлэх ба Интерполяци/Interpolation

Forward mapping

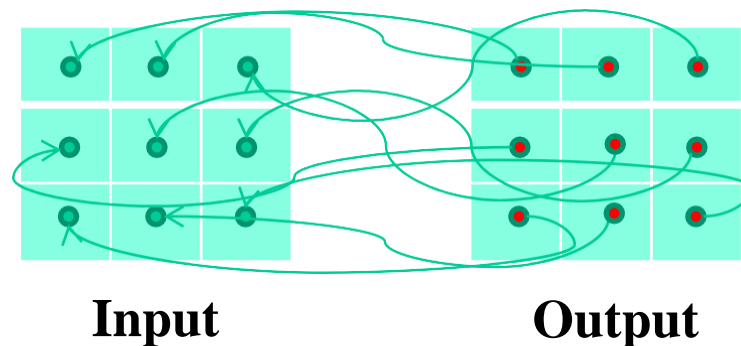


Зургийг дахин түүвэрлэх ба Интерполяци/Interpolation-ын асуудлууд

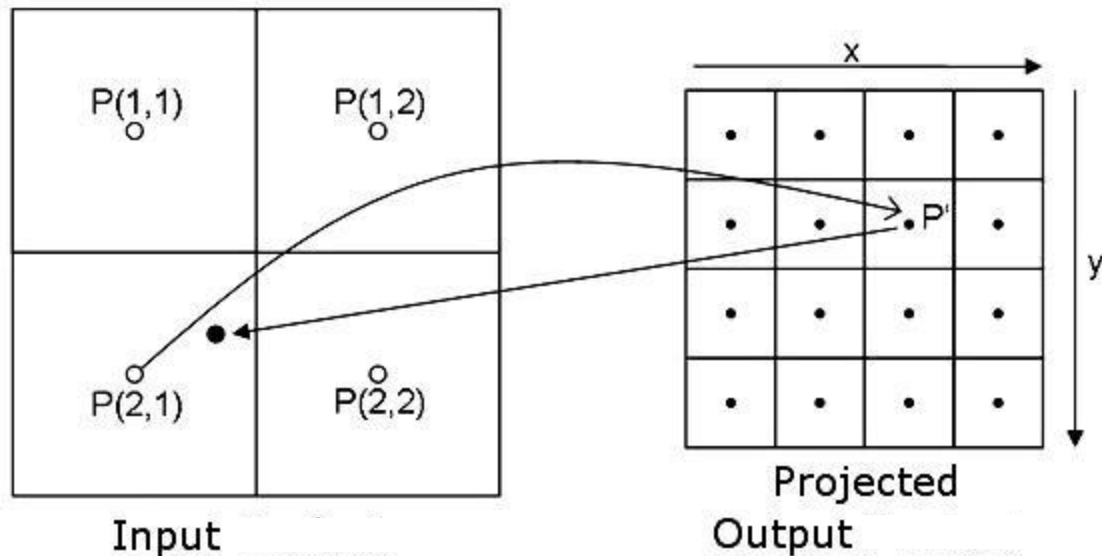
forward mapping-д цэг орхих



Шийдэл: backward mapping гүйцэтгэх



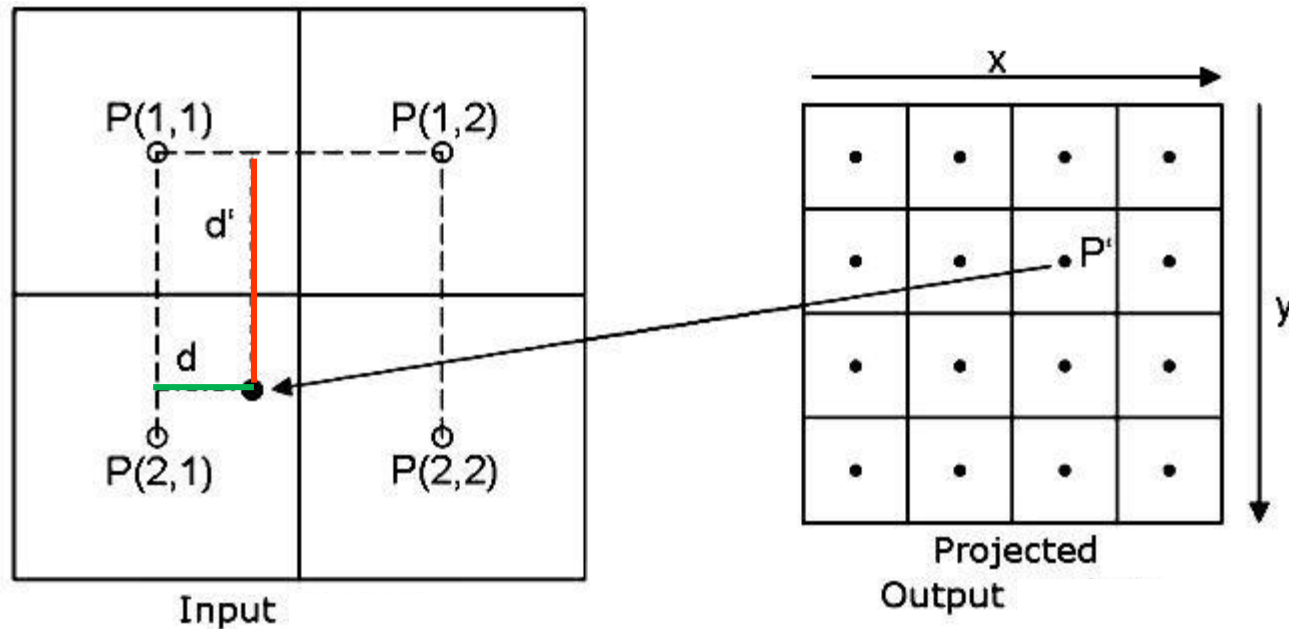
Зургийн интерполяци— Nearest Neighbor



<http://www.brockmann-consult.de/beam/doc/help/general/ResamplingMethods.html>

Assign each pixel in the output image with the nearest neighbor in the input image.

Зургийн интерполяци– Bilinear

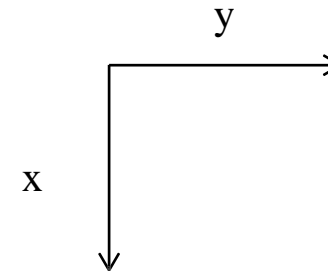
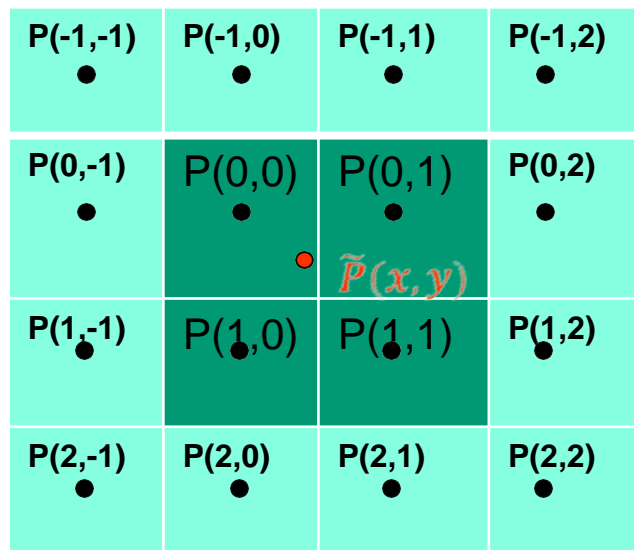


<http://www.brockmann-consult.de/beam/doc/help/general/ResamplingMethods.html>

$$\begin{aligned} P' = & P(1,1)(1-d)(1-d') \\ & + P(1,2)d(1-d') + P(2,1) * d' \\ & * (1-d) + P(2,2)dd' \end{aligned}$$

Зургийн интерполяци– Bicubic

- Хэрэв дөрвөн өнцөгт $(0,0)$, $(0,1)$, $(1,0)$, $(1,1)$ -ийн эрчмийн утга, дериватив ба хөндлөн деривативыг бид мэдэж байвал тухайн муж $x \in [0, 1], y \in [0, 1]$ дахь аливаа цэгийг (x, y) интерполяцлах боломжтой



$$\tilde{P}(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

→ 16 коэффициентуудыг шийдхэд шаардлагатай