

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

视听觉信号处理

Visual-Audio Signal Processing

(图像处理部分)

VITab
Visual Intelligence Lab
Harbin Institute of Technology

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

第三部分——

本部分内容要点 (Key Points in the Chapter) :

- ✎0 数字图像处理对象
- ✎1 空域中图像处理算子
- ✎2 频域中图像处理算子
- ✎3 数字图像复原方法

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

第三部分——

✎0 数字图像处理对象

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

第三部分——

✎0 数字图像处理对象

0-1 数字图像处理概况
——数字图像种类、演变及应用

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

第三部分——

✎0 数字图像处理对象

0-2 数字图像处理基础
——色度学、光度学、视觉现象

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

✎0-2-1 光度学 Photometry

光度学是研究光的辐射能量与人眼睛亮度感受两者间关系的科学。

- 一. 相对视敏函数 $V_s(\lambda)$
- 二. 光通量 ϕ
- 三. 发光强度 I
- 四. 照度 E
- 五. 亮度 B

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

7

一. 相对视敏函数 $V_s(\lambda)$

1. 视敏度 $K(\lambda)$

- 在辐射功率相同的情况下,不同波长的光不仅给人以不同的色彩感觉,而且也给人以不同的亮度感觉。
- 在获得相同的亮度感觉前提下,测出各种波长的辐射功率为 $P_\lambda(\lambda)$, 那么其倒数 $K(\lambda) = \frac{1}{P_\lambda(\lambda)}$

便称为波长为 λ 的光的视敏度。

- $K(\lambda)$ 越大, 获得相同亮度感觉, 波长为 λ 的光需要辐射的功率越小。
- 说明人眼对这种波长的光有较高的灵敏度。

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

8

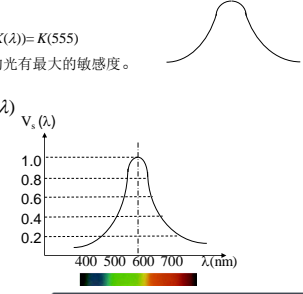
一. 相对视敏函数 $V_s(\lambda)$

1. 视敏度 $K(\lambda)$

- 实验表明: $K_m = \max(K(\lambda)) = K(555)$
- 人眼对波长为555nm的光有最大的敏感度。

2. 相对视敏函数 $V_s(\lambda)$

$$V_s(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m}$$

$$V_s(\lambda) = \frac{P(555)}{P_\lambda(\lambda)}$$


HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

9

二. 光通量 $\phi(\lambda_i)$

人眼所感受到的光辐射功率不仅和光本身所辐射的功率大小有关, 而且也和人不同波长光的视敏度有关。

1. 单色光光通量 $\phi(\lambda_i)$

$$\phi(\lambda_i) = P_\lambda(\lambda_i) \cdot V_s(\lambda_i)$$

单位: 光瓦——1瓦辐射功率波长为555nm的光产生的光通量为1光瓦。

国际的光通量单位: 流明 (lm)

国际照明委员会规定: 绝对黑体在铂的凝固温度(2045K)下, 从 $5.305 \times 10^{-3} \text{cm}^2$ 面积上辐射的光通量为1lm。

1光瓦=680流明

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

10

2. 可见光光通量 ϕ

$$\phi = \int_{380}^{780} P_\lambda(\lambda) \cdot V_s(\lambda) d\lambda$$

——单位为光瓦

$$\phi = 680 \int_{380}^{780} P_\lambda(\lambda) \cdot V_s(\lambda) d\lambda$$

——单位为流明

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

3. 发光效率 U_B

= 光通量 / 辐射功率

单位: 流明/瓦

$$U_B = 680 \int_{380}^{780} P_\lambda(\lambda) \cdot V_s(\lambda) d\lambda / \int_0^\infty P_\lambda(\lambda) d\lambda$$

例1: 一个40瓦的钨丝灯泡输出的光通量为468流明, 问发光效率几何?

$$U_B = \phi / P = 468 \text{流明} / 40 \text{瓦} = 11.7 \text{流明/瓦}$$

例2: 一个40瓦的日光灯可输出2100流明的光通量, 求其发光效率?

$$U_B = \phi / P = 2100 \text{流明} / 40 \text{瓦} = 52.5 \text{流明/瓦}$$

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

12

三. 发光强度 I

单位: 坎德拉(cd)

540×10^{12} Hz 频率的单色光源在给定方向上的发光强度称为1cd。

定义: 单位立体角发出的光通量

$$I = d\phi / d\omega$$

其中: 立体角 ω 的单位为立体弧度

$$\phi = \int I d\omega$$

点光源: 向四周的光辐射是均匀的。


由于球心对球面的立体角为 4π 立体弧度, 则

$$I = \phi / 4\pi$$

$$\phi = 4\pi I$$

流明=坎德拉·球面度

HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

13

四. 照度 E

单位: 勒克司(lx)

定义: 光通量/被照射物体表面积

$$E = d\phi / dS$$

S : 为被照射物体表面积
1勒克司=1流明/平方米

自然光照下各种环境下的照度


| | | | | | | |
|--------|------------|----------|------|--------|----------|------------|
| 环境条件 | 黑夜 | 月夜 | 阴天室内 | 阴天室外 | 晴天室内 | 晴天室外 |
| 照度(lx) | 0.001-0.02 | 0.02-0.2 | 5-50 | 50-500 | 100-1000 | 1000-10000 |

天安门广场: 10lx

99.95%周年

40lx

与文化融合



HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

14

四. 照度 E



以天安门为中心,以长安街及其延长线和南北中轴线重要繁华街道,城市古建筑、标志性建筑和现代化高大建筑为主体的北京市夜景照明体系已构成。

左图为夜幕下的西单广场2002100519:26

天安门广场: 10lx

40lx

与文化融合



HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

15

四. 照度 E




2002-10-05-19:26
2002-09-27-19:00
2002-09-27-19:00

与文化融合



HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

16

五. 亮度 B

定义: 指定方向的发光强度/垂直于指定方向平面上的投影

单位面积在法线方向的发光强度

$$B = dI_a / dS$$
$$I_a = I \cdot \cos\alpha$$

用来说明物体表面发光的明亮程度。

——可用于发光体及反射光体。

•亮度用单位面积的发光强度表示:

1尼特=1坎德拉/平方米(cd/m²)


1熙提=1坎德拉/平方厘米(cd/cm²)=10⁴尼特

•亮度用单位面积的发出的光通量表示:


1亚熙提=1流明/平方米

1朗伯=1流明/平方厘米=10⁴亚熙提

单位: 尼特(nit)



HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

17

0-2-1 光度学 Photometry

一. 相对视敏函数 $V_\lambda(\lambda)$

二. 光通量 ϕ


三. 发光强度 I

四. 照度 E


五. 亮度 B

强度与亮度:

物理上强度较大的光源,感觉上看来也较亮(亮度较大);
均匀辐射强度的物体,并不一定呈现出均匀的亮度。
强度不足以是亮度的物理测量。



HIT-Visual Intelligence Lab



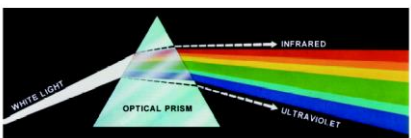
哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

18

0-2-2 色度学 Colorimetry

色度学是研究色彩计量的科学。


一. 彩色视觉



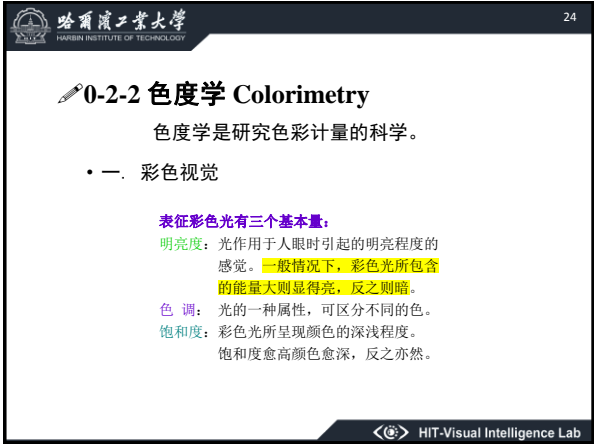
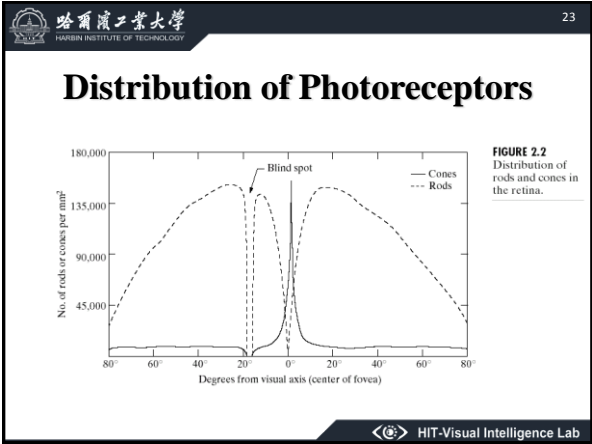
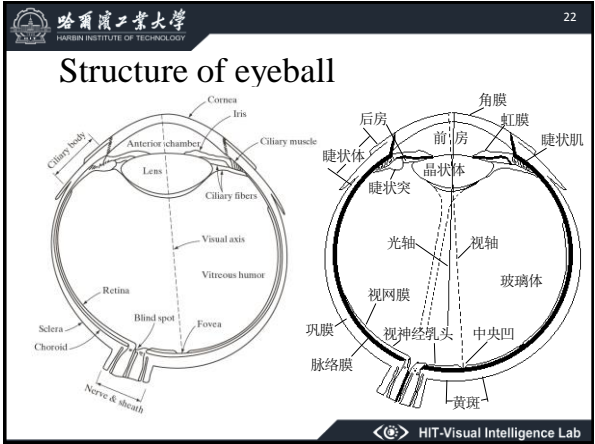
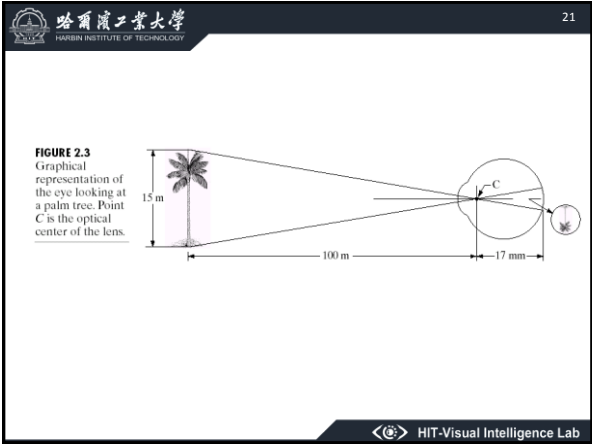
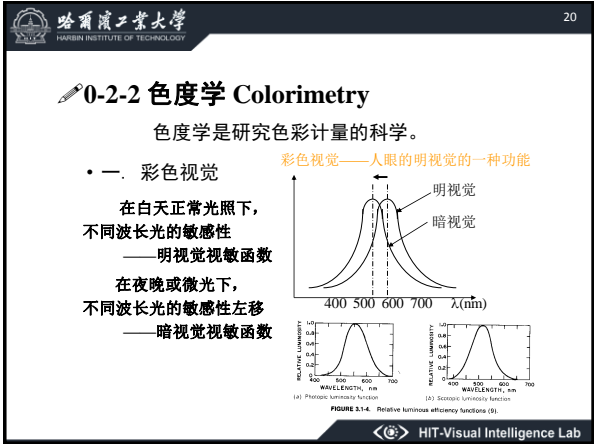
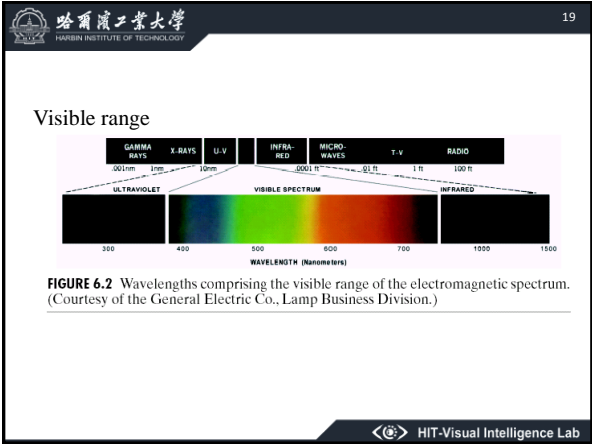
WHITE LIGHT
OPTICAL PRISM
INFRARED
ULTRAVIOLET

FIGURE 6.1 Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

Discovered by Sir Isaac Newton(1633)



HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

25

0-2-2 色度学 Colorimetry

色度学是研究色彩计量的科学。

- 一. 彩色视觉
- 二. 三基色原理
 - 1. 三基色

[规定]水银光谱中, 波长为700nm的为**红光**,
546.1nm的为**绿光**,
435.8nm的为**蓝光**。

——国际照明委员会(CIE)选择的三基色

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

26

1. 三基色

混色后的白光亮度定为100%, 那么人的主观感觉绿光亮度为59%, 红光亮度为30%, 蓝光亮度为11%。

白光的亮度用Y表示, 它和红绿蓝三色光的关系:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

——NTSC美制电视制式亮度公式

$$Y = 0.222R + 0.707G + 0.071B$$

——PAL(相位逐行交变)电视制式

彩色光的合成:

1. 用三种色光按一定的比例同时投射到一个全反射表面上——直接法
2. 用三种色光按一定的比例同时投射到一个表面的相邻的三个点上——**空间混色法**
3. 用三种色光按一定的比例一定顺序轮流投射到一个表面的同一位置上——**时间混色法**
4. 用两只眼睛同时观看两种不同颜色的同一景象, 也可以产生混色的效果——**生理混色法**

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

27



HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

28

电视——采用相加混色法 (RGB)

绘画、摄影、印刷、印染、打印中:
——采用相减混色法 (CMY)

红+青=绿 紫=蓝+黄=白

补色

(青色+黄色) 颜料 = 白色 - 红色 - 蓝色 = 绿色
(青色+紫色) 颜料 = 白色 - 红色 - 绿色 = 蓝色
(黄色+紫色) 颜料 = 白色 - 蓝色 - 绿色 = 红色
(青色+黄色+紫色) 颜料 = 白色 - 红色 - 蓝色 - 绿色 = 黑色



HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

29



HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

30

CMY and CMYK color model

For printing devices
Conversion from RGB to CMY

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

assumption: all color values are normalized

- Equal amount of CMY → black but muddy-looking
→ Introduce K(black)

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

31

Color absorption spectra

There are three different types of cones in the retina with absorption spectra $S_i(\lambda)$, $i=1,2,3$

(a) Typical absorption spectra for S_1, S_2, S_3 (not to scale)

$\alpha_i(C)$: spectral response

Thus, colored light, $C(\lambda)$ will produce a color sensation, given by

(b) Three-receptor model for color representation

Figure 3.11 (a) Typical absorption spectra of the three types of cones in the human retina; (b) three-receptor model for color representation.

$$\alpha_i(C) = \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} S_i(\lambda)C(\lambda)d\lambda, \quad i=1,2,3$$

316

32

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

32

Primary colors

CIE standards

1931: B=435.8nm, G=546.1nm, R=700nm

1965: experimental data

Figure 1.6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

- No single color may be called R, G, or B.
- Use of the word primary has been widely misinterpreted to mean that the three standard primaries, when mixed in various intensity proportions, can produce all visible colors.

316

33

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

33

0-2-2 色度学 Colorimetry

色度学是研究色彩计量的科学。

- 一. 彩色视觉
- 二. 三基色原理
 - 1. 三基色
- 2. Grassman law

316

34

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

34

➢ 2. Grassman law

白光可由三种基色的光通量分别为

$$\phi_R : \phi_G : \phi_B = 1 : 4.5907 : 0.0601 \longrightarrow \text{配出标准白光 } 5.6508$$

任给的彩色光C，其配色方程如下：

$$C = r' + 4.5907 g' + 0.0601 b'$$

其中 r', g', b' 为三色系数，令 $m = r' + g' + b'$ 色模

$$r = r'/m, g = g'/m, b = b'/m. \text{ 显然 } r + g + b = 1.$$

r, g, b 称为“RGB制的相对色系数”或者“色度坐标”。

316

35

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

35

0-2-2 色度学 Colorimetry

色度学是研究色彩计量的科学。

- 一. 彩色视觉
- 二. 三基色原理
 - 1. 三基色
 - 2. Grassman law
- 三. 色模型

316

36

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

36

三. 色模型

➢ 1. 麦克斯韦尔 (Maxwell) 的颜色三角形

以三基色为顶点的等边三角形，其内选定一点P到各边的距离为 r, g, b 。若规定顶点到对应边的垂线的长度为1，则不难证明： $r + g + b = 1$ 。因此 r, g, b 为色度坐标。

显然，三角形的中心 ($r = 1/3, g = 1/3, b = 1/3$) 为白色，沿边RG表示由红与绿混合的颜色，其正中为黄色 ($r = 1/2, g = 1/2, b = 0$)，橙色 ($r = 3/4, g = 1/4, b = 0$) 在黄与红之间。点越向中心靠拢，颜色越淡，直到变白。

316

978

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

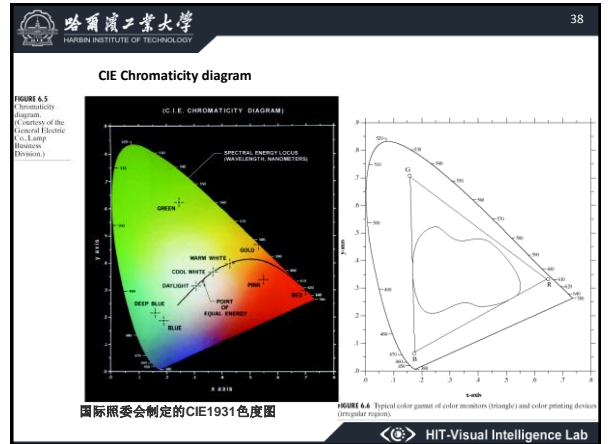
37

三. 色模型

2. 直角等腰三角形

因为 $r + g + b = 1$.
 所以用 r, g 即可, $b = 1 - r - g$.
 因此颜色三角形可用直角等腰三角形表示.

HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

39

三. 色模型

3. 芒塞尔 (Munsell) 颜色系统

把圆十等分即成十个扇形, 每隔扇形表示一种颜色, 每个扇形又分成十小块, 用1, 2, 3, ..., 10表示.

- ① 直径两端为互补色
- ② 5Y是最黄的颜色
- 10Y接近黄绿色
- 1Y接近红黄色 (橙)
- ③ 10R接近红黄色 (橙)
- 5R最红
- ④ 饱和度最大在圆周上, 像圆心逐渐减小, 直到白色

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

40

三. 色模型

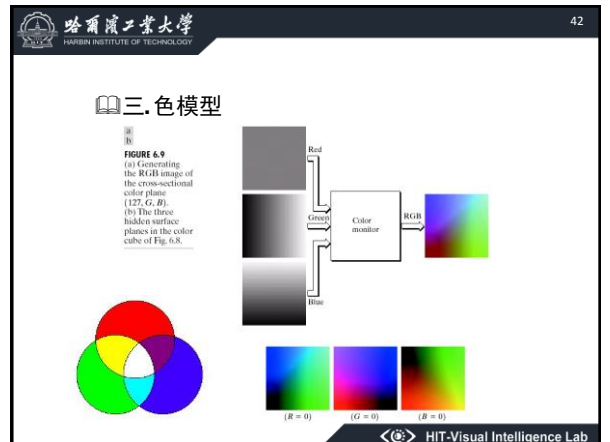
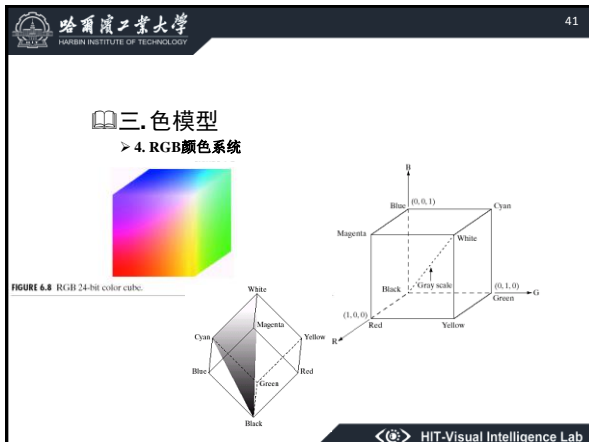
3. 芒塞尔 (Munsell) 颜色系统


尽管线性颜色变换是最简单的, 但它们并不产生自然的和一致的颜色空间。

芒塞尔颜色系统是为提供颜色的标注而开发的, 它具有自然性、紧凑性和完备性。它按照颜色的自然属性来组织颜色。芒塞尔的颜色码本包含了100个样本颜色块, 每种颜色标明其色调值, 饱和度值和色度。

芒塞尔颜色系统的优点是直观地按颜色的视觉相似性排列, 缺点是它并不表明从RGB空间产生颜色块所需的变换 T_c 和量化 Q_c 。芒塞尔颜色系统不满足一致性的性质。该系统并不提供非相邻色块间的相似性评价。

HIT-Visual Intelligence Lab





哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

43

Safe RGB color

| Number System | | Color Equivalents | | | | |
|---------------|----|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| Hex | 00 | 33 | 66 | 99 | CC | FF |
| Decimal | 0 | 51 | 102 | 153 | 204 | 255 |

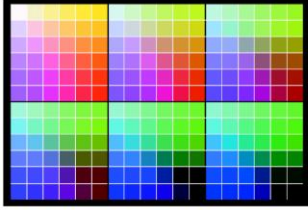
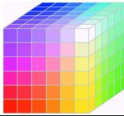



TABLE 6.1
Valid values of each RGB component in a safe color.

FIGURE 6.10
(a) The 216 safe RGB colors.
(b) All the grays in the 256-color RGB system (grays that are part of the safe color group are shown underlined).





HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

44

RGB图





HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

45

RGB图





HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


46

RGB图





HIT-Visual Intelligence Lab



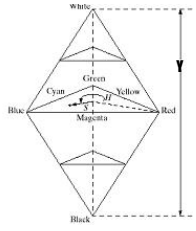
哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


47

三. 色模型

> 5. YUV颜色系统

YUV色彩系统被欧洲电视系统采用（属于PAL）**Y**指明视度，**U**和**V**表示**色度**(Chrominance)，描述图像**色调及色彩饱和度**的属性。





HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


48

YUV图





HIT-Visual Intelligence Lab



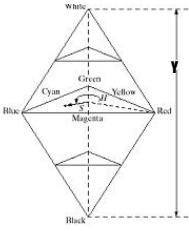
哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


49


三. 色模型

6. YIQ颜色系统

YIQ色彩系统通常被**北美的电视系统**采用。Y是指颜色的**亮度** (Luminance)，即亮度(Brightness)。I和Q表示**色度**(Chrominance)，描述图像色调及色彩饱和度的属性。



 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

50


Color Space Transform


To transform from **RGB** space to **YUV** space:

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

To transform from **RGB** space to **YIQ** space:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

51


Color Space Transform


Conversion from **YUV** to **RGB** :

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.140 \\ 1 & -0.395 & -0.581 \\ 1 & 2.032 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix}$$

Conversion from **YIQ** to **RGB** :

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.106 & -1.703 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix}$$

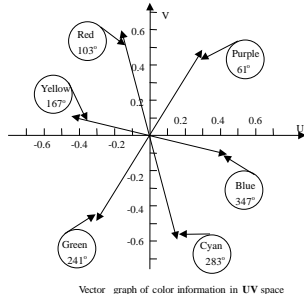
 HIT-Visual Intelligence Lab



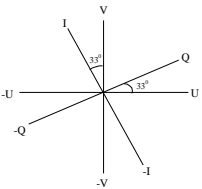
哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


52

Color Space Transform



Relation of axes of I, Q and U, V



 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

53

YIQ图



 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

54


Application of Color Space

应用之一:



肤色滤波器

 HIT-Visual Intelligence Lab

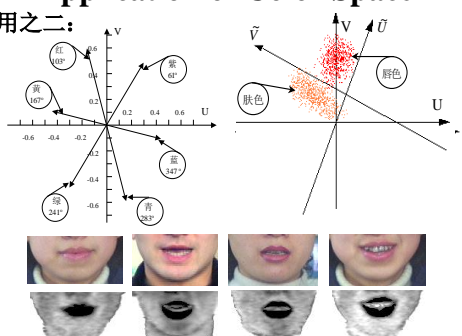


哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

55


Application of Color Space

应用之二:



肤色

HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

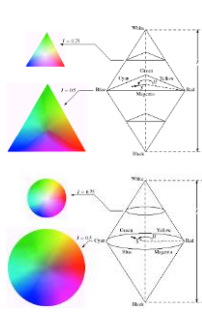
60

三. 色模型


> 7. HSI (Hue, Saturation, Intensity)颜色系统

特点:

- I分量与图像的色彩信息无关;
- H和S分量与人的感受颜色的方式一致。

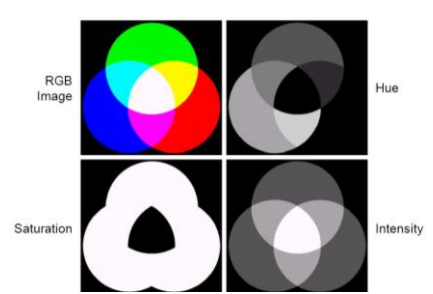


HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

61



RGB Image

Hue

Saturation

Intensity

HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


62

HSI图



FIGURE 6.39 HSI components of the RGB color image in Fig. 6.38(a). (a) Hue. (b) Saturation. (c) Intensity.

HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


63

Color Space Transform

To transform from *RGB* space to *HSI* space:

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$
$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B}[\min(R, G, B)]$$
$$H = \arccos\left\{\frac{[(R - G) + (R - B)]/2}{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}^{1/2}\right\}$$

HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

64

Color Space Transform

To transform from *HSI* space to *RGB* space:

当 $H \in [0^\circ, 120^\circ]$

$$B = I(1 - S)$$
$$R = I\left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)}\right]$$
$$G = 3I - (B + R)$$

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

65

Color Space Transform

To transform from **HSI** space to **RGB** space:

当 $H \in [120^\circ, 240^\circ]$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 120^\circ)}{\cos(180^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (R + G)$$

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

66

Color Space Transform

To transform from **HSI** space to **RGB** space:

当 $H \in [240^\circ, 360^\circ]$

$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 240^\circ)}{\cos(300^\circ - H)} \right]$$

$$R = 3I - (G + B)$$

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

67

三色模型

> 8. HSV颜色系统

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

68

三色模型

> 8. HSV颜色系统

FIGURE 6.13 Hue and saturation in the HSI color model. The dot is an arbitrary color point. The angle from the red axis gives the hue, and the length of the vector is the saturation. The intensity of all colors in any of these planes is given by the position of the plane on the vertical intensity axis.

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

69

Color Space Transform

To transform from **RGB** space to **HSV** space:

$$v = \max(r, g, b)$$

$$s = \frac{v - \min(r, g, b)}{v}$$

其中

$$r' = \frac{v - r}{v - \min(r, g, b)}, \quad g' = \frac{v - g}{v - \min(r, g, b)}, \quad b' = \frac{v - b}{v - \min(r, g, b)}$$

HIT-Visual Intelligence Lab


哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

70

Color Space Transform

$$6h = \begin{cases} 5 + b' & , \text{当 } r = \max(r, g, b), g = \min(r, g, b) \\ 1 - g' & , \text{当 } r = \max(r, g, b), g \neq \min(r, g, b) \\ 1 + r' & , \text{当 } g = \max(r, g, b), b = \min(r, g, b) \\ 3 - b' & , \text{当 } g = \max(r, g, b), b \neq \min(r, g, b) \\ 3 + g' & , \text{当 } b = \max(r, g, b), r = \min(r, g, b) \\ 5 - r' & , \text{其他} \end{cases}$$

HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


71

Color Space Transform

To transform from *HSV* space to *RGB* space:

$$a = 6h - \text{round}(6h),$$
$$w_1 = (1 - s) * v$$
$$w_2 = (1 - (s * a)) * v,$$
$$w_3 = (1 - (s * (1 - a))) * v$$
$$r = \begin{cases} v & \text{如果 } a=0 \text{ 或者 } a=5 \\ w_1 & \text{如果 } a=2 \text{ 或者 } a=3 \\ w_2 & \text{当 } a=1 \text{ 时} \\ w_3 & \text{当 } a=4 \text{ 时} \end{cases} \quad g = \begin{cases} v & \text{当 } a=1 \text{ 或 } 2 \text{ 时} \\ w_1 & \text{当 } a=4 \text{ 或 } 5 \text{ 时} \\ w_2 & \text{当 } a=3 \\ w_3 & \text{当 } a=0 \end{cases} \quad b = \begin{cases} v & \text{当 } a=3 \text{ 或 } 4 \\ w_1 & \text{当 } a=0 \text{ 或 } 1 \\ w_2 & \text{当 } a=5 \\ w_3 & \text{当 } a=2 \end{cases}$$

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

72

三. 色模型

> 9. *STV* 颜色系统 (*T*: 色泽)


归一化*RGB*空间三个分量的定义如下:


$$r = \frac{R}{R + G + B}, g = \frac{G}{R + G + B}, b = \frac{B}{R + G + B}$$

To transform from *RGB* space to *STV* space:

$$S = [9/5(r'^2 + g'^2)]^{1/2}$$
$$T = \begin{cases} \arctan(r'/g')/2\pi + 1/4, & g' > 0 \\ \arctan(r'/g')/2\pi + 3/4, & g' < 0 \end{cases}$$
$$V = (R + G + B)/3$$

其中 $r' = r - 1/3, g' = g - 1/3$

 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


73

三. 色模型

> 10. *YCrCb* 颜色系统

*YCrCb*彩色模型是由国际电联 (ITU-R BT.601 [898]) 制定的一个全球统一的数字电视标准, 它主要用于两种不同电视制式的兼容。*YCrCb* 彩色模型广泛使用在 TV 和 Video 彩色图像编码和多种压缩标准, 包括 JPEG 和 MPEG, 该颜色空间是通过将*RGB*空间作线性变换得来。*Y*平面表示亮度信息, *CrCb*平面表示色度。

 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


74

*YCrCb*彩色模型的优点在于人眼一般对于亮度的变化比对色度的变化更敏感。因此, 为了压缩的目的, 色差信息可以以较低的比特率编码, 而不显著地影响接受图像的品质。*Y*受制于光照条件, 而*CrCb*分量更鲁棒。

To transform from *RGB* space to *YCrCb* space:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.500 & -0.4187 & -0.0813 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.500 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

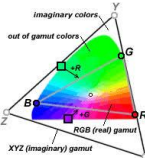
75


三. 色模型


> 11. *XYZ* 颜色系统

*RGB*系统的颜色匹配函数会出现负值(意味着某些颜色采用直接匹配方式不能得到, 给实际应用带来不便。于是, 1931年CIE (国际照明委员会) 推荐了一个新的颜色系统*XYZ*系统。

Conversion from *RGB* to *XYZ*:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$


 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


76


三. 色模型

> 11. *XYZ* 颜色系统

从 *XYZ* 到 CIE1976 ($L^*u^*v^*$) 或 CIE1976 ($L^*a^*b^*$) 的非线性变换取决于与白色光刺激的关系, 白色光刺激给出三刺激值 X_n, Y_n, Z_n 。在这样情况下, 亮度 (Lightness) 为

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

77


CIE1976($L^*u^*v^*$)


$$u^* = 13L^*(u' - u'_n)$$
$$v^* = 13L^*(v' - v'_n)$$

这里
$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad u'_n = \frac{4X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$
$$v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z} \quad v'_n = \frac{9Y_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$

两种色刺激的色差计算如下:

$$\Delta E^*_{uv} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2]^{\frac{1}{2}}$$

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


78


CIE1976 ($L^*a^*b^*$)

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$
$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

两种色刺激的色差计算如下:

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}}$$

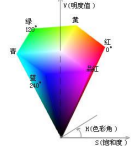
 HIT-Visual Intelligence Lab



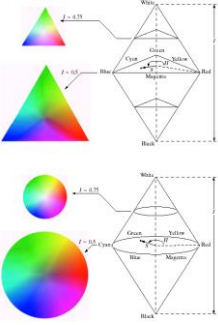
哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


79


- 2-1 光度学
- 2-2 色度学



各空间坐标系之间的关系



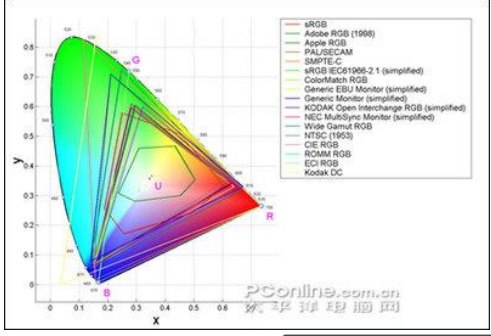
 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


80

CIE Chromaticity diagram



PConline.com.cn
太平洋电脑网

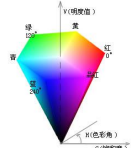
 HIT-Visual Intelligence Lab



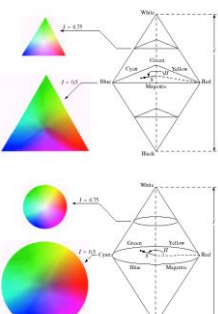
哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


81


- 0-2-1 光度学
- 0-2-2 色度学
- 0-2-3 视觉现象分析



各空间坐标系之间的关系



 HIT-Visual Intelligence Lab

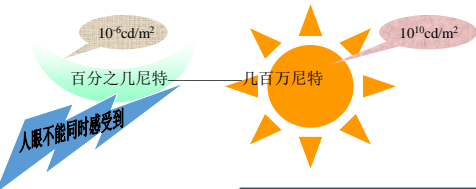


哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

82

- 0-2-3 视觉现象分析
 - 一. 视觉范围和分辨力
 - 1. 视觉范围


视觉范围——人眼所能感觉到的亮度范围。

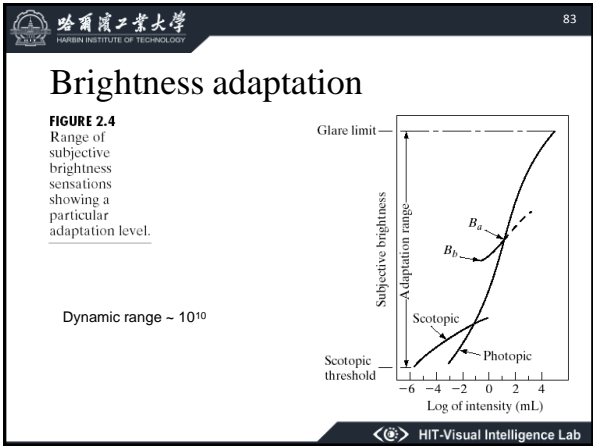


10⁻⁶cd/m² 10¹⁰cd/m²

百分之几尼特 几百万尼特

人眼不能同时感受到

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

84

• 0-2-3 视觉现象分析

- 一. 视觉范围和分辨力
 - 1. 视觉范围
 - 2 人眼分辨力

人眼分辨力——人眼在一定距离上能区分开相近两点的能力。

$\theta = \frac{d}{L}$ (弧度, rad)

$= \frac{d}{L} \times \frac{360}{2\pi} \times 60 = 3438 \cdot \frac{d}{L}$ (')

用能区分开的最小视角 θ 之倒数来描述。
分辨力 (视觉锐度) $\rightarrow 1/\theta$

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

85

人眼对色彩的分辨能力要比对黑白的分辨能力低。


刚能分辨出来的黑白相间的条纹换成红绿条纹, 则无法分辨出红和绿的条纹来, 只能看到一片黄色。

对于一个色觉正常的人来说, 颜色刺激面积非常小时就不能辨别颜色了, 只有灰色的感觉, 这种色觉异常状态叫做**第三色盲**。

这个原理应用到彩色电视机原理中, 对减少传输频带做出了贡献。

HIT-Visual Intelligence Lab





哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


89


人眼的分辨力与

环境照度

被观察对象的相对对比度

有关。

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

90


0-2-3 视觉现象分析


一. 视觉范围和分辨力

1. 视觉范围

2. 人眼分辨力

3. Weber定律

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

91

3. Weber定律

实验：背景亮度为 B ，光斑（圆形目标）亮度 $B+\Delta B$

刚好能鉴别亮度差异

ΔB 与 B 有关，是 B 的函数。


当背景宽广且亮度均匀，则 ΔB 很大范围内近似同 B 成正比。即 $\Delta B/B$ 为一常数，其值约为0.02。


韦伯比

$\Delta B/B$

$10^{-2} 10^{-1} 10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 B$

2%

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

92

3. Weber定律

另外，还发现人眼的对比灵敏度与周围环境的亮度有密切关系。

韦伯比 $\Delta B/B$ 与 B 和 B_0 有关。

$B_0=10^2$

$B_0=10^1$

$B_0=10^0$

$B_0=10^{-1}$

$B_0=10^{-3}$

$B_0=10^{-4}$

包络线


$\Delta B/B$


$10^{-2} 10^{-1} 10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 B$

B_0

B

$B+\Delta B$

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

94

0-2-3 视觉现象分析


一. 视觉范围和分辨力


1. 视觉范围

2. 人眼分辨力

3. Weber定律

4. 对比度

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

95

4. 对比度

也可理解为对比灵敏度的简称，用 C_p 表示。

设某物体亮度为 B_l ，周围背景的亮度为 B ，则：

$$C_p = (B_l - B)/B = \Delta B/B$$


C_p 可正可负，负值表示某物体亮度弱于背景的亮度。


注意：不同于生物学中的对比度。（它可以为任意值，不一定人能鉴别开。）

数字图像处理中的对比度

研究对象：整幅图像


图像中最大亮度 B_{max} 与最小亮度 B_{min} 之比，称为“对比度”。

 HIT-Visual Intelligence Lab





哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

96

0-2-3 视觉现象分析

- 一. 视觉范围和分辨力
 - 1. 视觉范围
 - 2. 人眼分辨力
 - 3. Weber定律
 - 4. 对比度
- 二. 视觉的对数性质

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

97

- 二. 视觉的对数性质

人眼的视觉系统具有非线性。

范围广


无月光黑夜
正午时雪地


亮度之间相差10⁸倍

实验:

20


50
100

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

99


二. 视觉的对数性质


结论: 只要对比度保持一定, 亮度即使在很宽范围内变动, 人的亮度感受也是相同的。这种现象称为“亮度恒定”。

亮度恒定无法用线性模型去解释。但是用对数模型, 则可以得到圆满的解释。

$$\ln 20 = 2.996, \ln 10 = 2.303$$
$$\ln 100 = 4.605, \ln 50 = 3.912$$
$$\ln 20 - \ln 10 = \ln 100 - \ln 50 = 0.693$$


——视觉的对数性质

 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


100


二. 视觉的对数性质

结论: 重现影像的亮度无需等于实际影像的亮度, 只需保持两者的最大亮度 B_{max} 与最小亮度 B_{min} 之比值不变就可以了。

相同的对比度
相同的亮度层次 (灰度级别)



 HIT-Visual Intelligence Lab

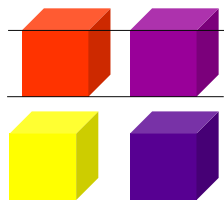



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


101

- 三. 人的视觉其他特性

- 1. 进入色与后退色
- 2. 膨胀色与收缩色



 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

102


- 三. 人的视觉其他特性

- 1. 进入色与后退色
- 2. 膨胀色与收缩色
- 3. 亮度适应


暗 → 亮 亮适应
适应时间短 (几秒钟)

亮 → 暗 暗适应
适应时间长 (30min)

视杆细胞 → 视锥细胞
视锥细胞 → 视杆细胞

 HIT-Visual Intelligence Lab


16




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


103

- 三. 人的视觉其他特性
 - 1. 进入色与后退色
 - 2. 膨胀色与收缩色
 - 3. 亮度适应
 - 4. 色适应






HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

104

- 三. 人的视觉其他特性
 - 1. 进入色与后退色
 - 2. 膨胀色与收缩色
 - 3. 亮度适应
 - 4. 色适应
 - 5. 视觉惰性



HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

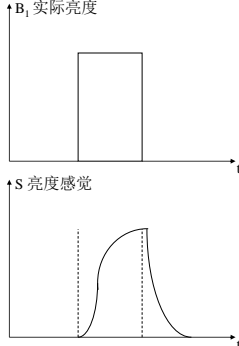
105


- 5. 视觉惰性

眼对于亮度的突变并不是马上就适应的，而是需要一定的过渡过程时间，人眼这种对亮度改变进行跟踪的滞后性质称为视觉惰性。


人眼的记忆特性：
在亮度消失以后尚能保持1/20—1/10秒。

当闪烁光源每秒钟闪烁次数超过10—20次时，便会给人以均匀发光体的感觉。





HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

106

- 5. 视觉惰性

电影画面：24幅/s
遮光技术：每幅画放两次——48幅/s

闪烁的感觉，与

亮度变化幅度


相继两幅画面的亮度分布

相继两幅画面的色彩


距离

环境亮度

有关。




HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

107

- 三. 人的视觉其他特性
 - 1. 进入色与后退色
 - 2. 膨胀色与收缩色
 - 3. 亮度适应
 - 4. 色适应
 - 5. 视觉惰性
 - 6. 同时性对比度



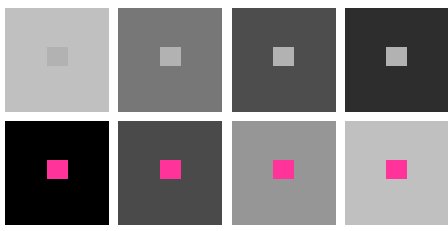
HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

108

对比度Contrast





HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
 HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

110

• 三. 人的视觉其他特性

- 1. 进入色与后退色
- 2. 膨胀色与收缩色
- 3. 亮度适应
- 4. 色适应
- 5. 视觉惰性
- 6. 同时性对比度
- 7. 马赫带

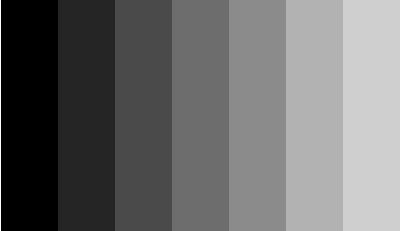

 HIT-Visual Intelligence Lab





哈尔滨工业大学
 HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

111

马赫带效应 Mach Bands Effect



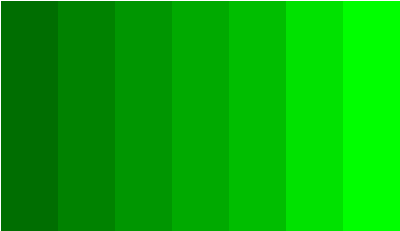

 HIT-Visual Intelligence Lab





哈尔滨工业大学
 HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

112

马赫带效应 Mach Bands Effect



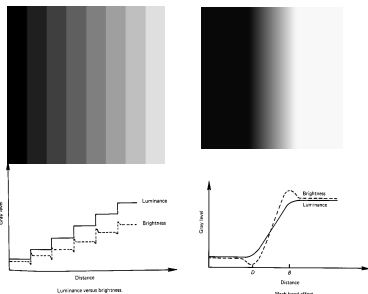

 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
 HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

113

马赫带效应 Mach Bands Effect (cont.)




 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
 HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

114

• 三. 人的视觉其他特性

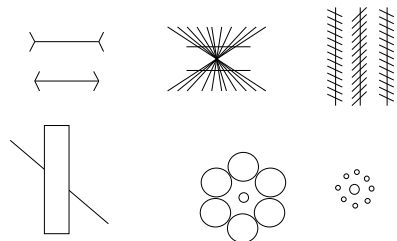
- 1. 进入色与后退色
- 2. 膨胀色与收缩色
- 3. 亮度适应
- 4. 色适应
- 5. 视觉惰性
- 6. 同时性对比度
- 7. 马赫带
- 8. 视觉变异



 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
 HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

115




 HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

116

Optical illusions

图例
FIGURE 2.9 Some well-known optical illusions.

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

117

- 三. 人的视觉其他特性
 - 1. 进入色与后退色
 - 2. 膨胀色与收缩色
 - 3. 亮度适应
 - 4. 色适应
 - 5. 视觉惰性
 - 6. 同时性对比度
 - 7. 马赫带
 - 8. 视觉变异
 - 9. 色盲
 - 10. 空间频率敏感性

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

119

- 三. 人的视觉其他特性
 - 1. 进入色与后退色
 - 2. 膨胀色与收缩色
 - 3. 亮度适应
 - 4. 色适应
 - 5. 视觉惰性
 - 6. 同时性对比度
 - 7. 马赫带
 - 8. 视觉变异
 - 9. 色盲
 - 10. 空间频率敏感性
 - 其他.....

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

121

Moiré pattern

FIGURE 2.24 Illustration of the Moiré pattern effect.

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

122

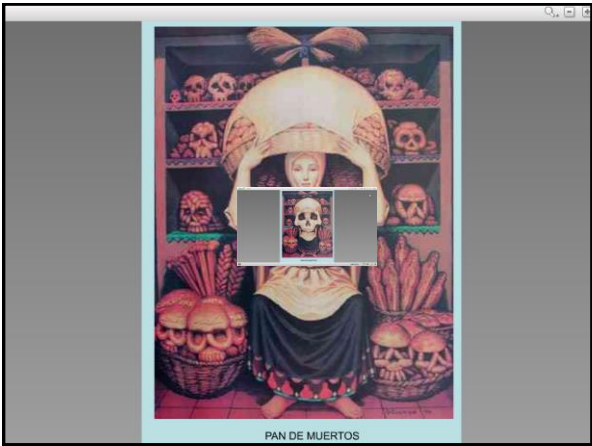
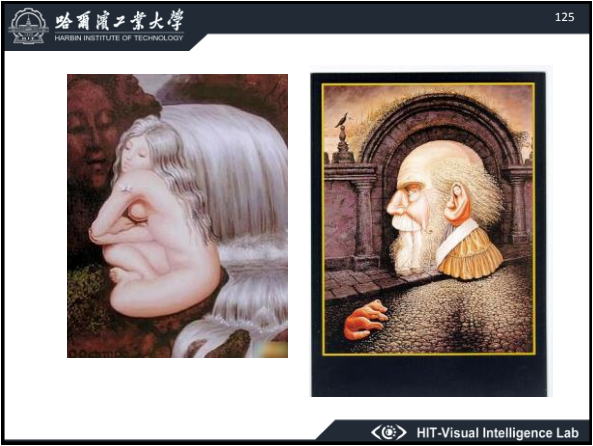
HIT-Visual Intelligence Lab

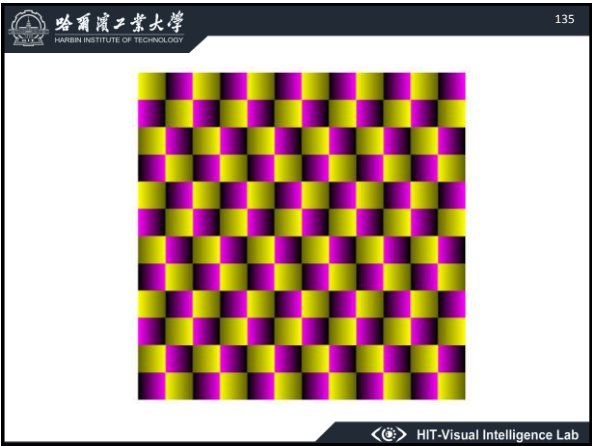
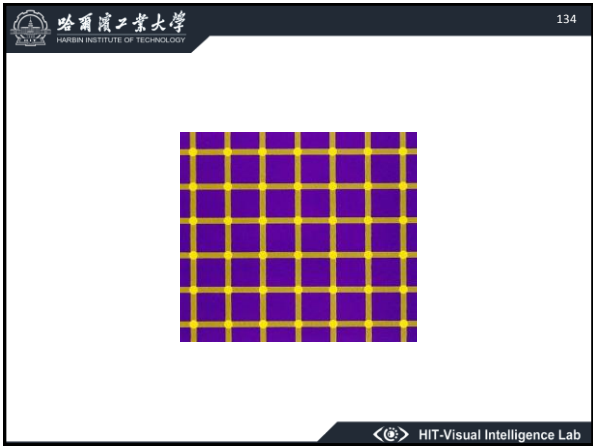
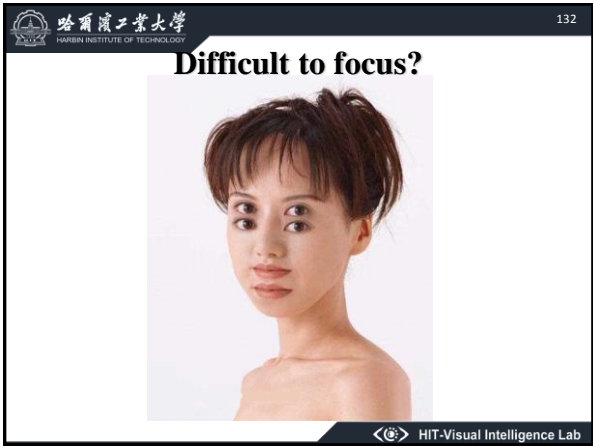
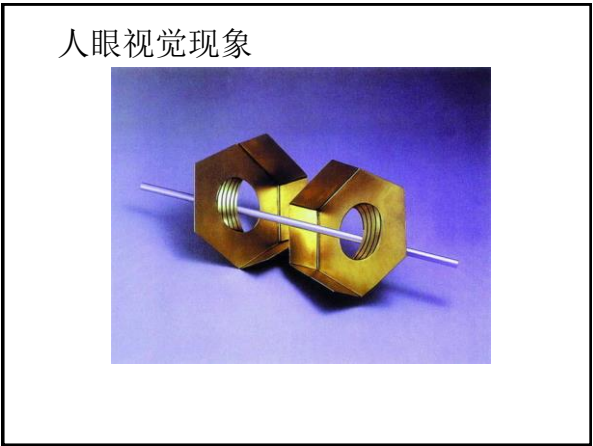
哈尔滨工业大学

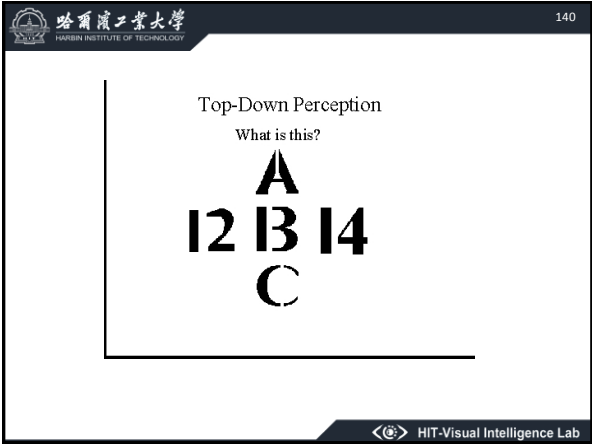
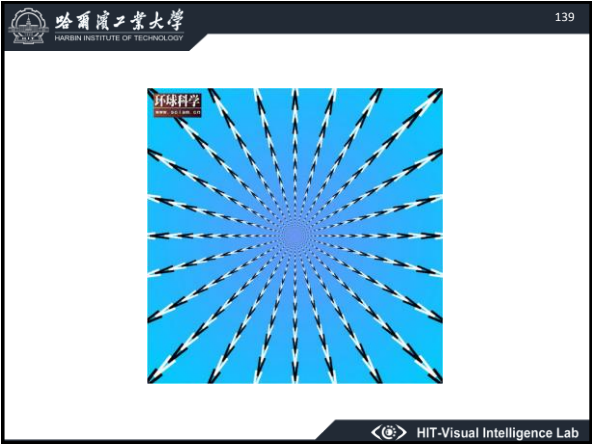
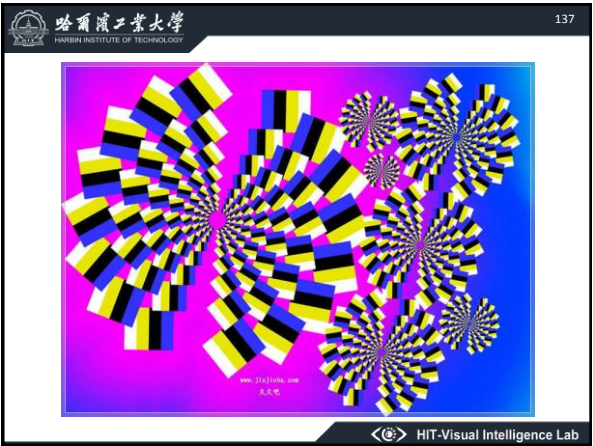
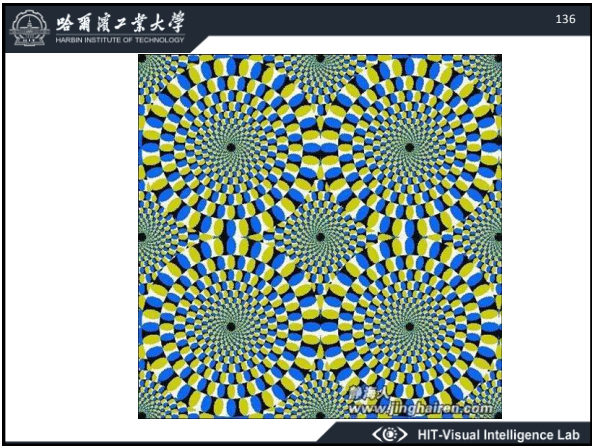
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

123

HIT-Visual Intelligence Lab









哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

142

What do you find?



 HIT-Visual Intelligence Lab




哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

143




 HIT-Visual Intelligence Lab




哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

144


Attracting our attention during visual perception






Input Image

Eye-fixations













 HIT-Visual Intelligence Lab




哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY


145

Eye Fixation Prediction

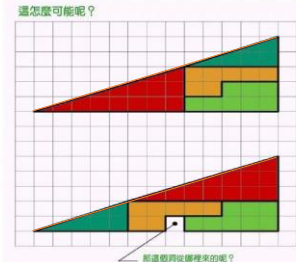
| | | | |
|---|--|---|---|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| Input | Ground Truth | AIM | Our method |

 HIT-Visual Intelligence Lab

ISadpy




這怎麼可能呢？

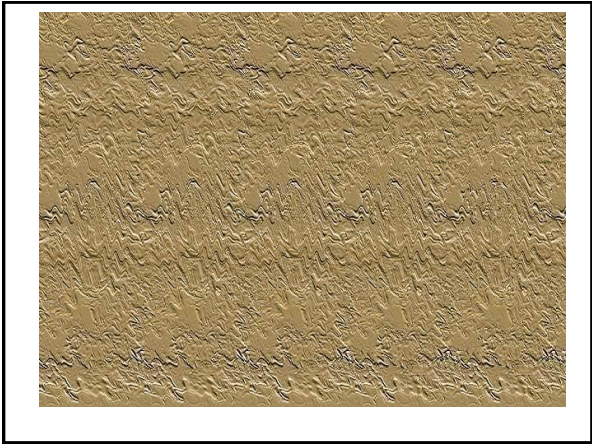
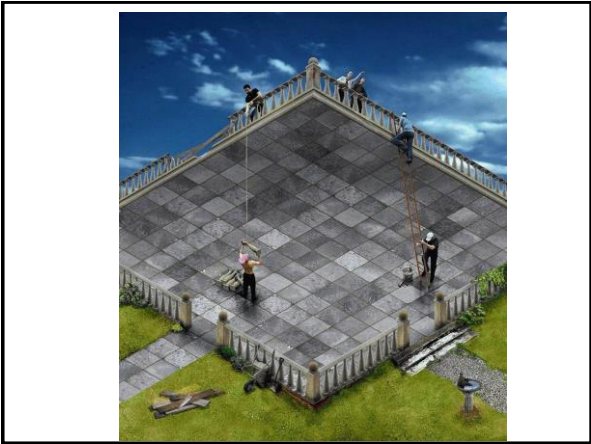
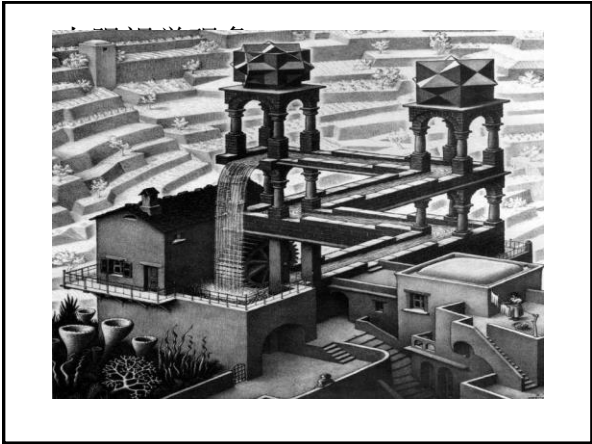


將圖上的四塊
拆開並移到下
圖各位置。

每一部份圖上
圖完全相同。

那麼圖與從哪來的呢？

 第一單元



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

151

• 四. 图像质量评价

所谓图像质量，主要指图像的**保真度**，它描述了被评价图像偏离原始标准图像的程度。

图像质量的度量在图像处理中起着重要作用，有了度量方法，人们就有可能评价各种处理技术或系统的性能，为设计工作提供依据。

➢ 1. 主观评价法

合理、可靠

度量尺度——绝对性和比较性

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

152

• 四. 图像质量评价

| (a)全优度尺度 | (b)损害尺度 | (c)群优度尺度 |
|----------|------------------|-------------|
| 5 优 | 1 未感觉损害 | 7 一群中最差的 |
| 4 好 | 2 刚好感觉损害 | 6 好于该群平均水平 |
| 3 中 | 3 感觉到,但只对图像有轻微损害 | 5 稍好于该群平均水平 |
| 2 差 | 4 对图像有损害,但尚悦目 | 4 该群平均水平 |
| 1 劣 | 5 稍感不悦目 | 3 稍差于该群平均水平 |
| | 6 不悦目 | 2 差于该群平均水平 |
| | 7 非常不悦目 | 1 一群中最差的 |

HIT-Visual Intelligence Lab

哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

153

TABLE 3.2 Image Goodness Scales


| Overall goodness scale | | Group goodness scale | |
|------------------------|-----|------------------------|-----|
| Excellent | (5) | Best | (7) |
| Good | (4) | Well above average | (6) |
| Fair | (3) | Slightly above average | (5) |
| Poor | (2) | Average | (4) |
| Unsatisfactory | (1) | Slightly below average | (3) |
| | | Well below average | (2) |
| | | Worst | (1) |

The numbers in parenthesis indicate a numerical weight attached to the rating.

TABLE 3.3 Impairment Scale

| | |
|--|-----|
| Not noticeable | (1) |
| Just noticeable | (2) |
| Definitely noticeable but only slight impairment | (3) |
| Impairment not objectionable | (4) |
| Somewhat objectionable | (5) |
| Definitely objectionable | (6) |
| Extremely objectionable | (7) |

HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

154


- 四. 图像质量评价


主观评价法通常采用打分法，即求出平均得分。

$$\bar{J} = \sum_{i=1}^K n_i J_i / \sum_{i=1}^K n_i$$

其中K: 质量等级总数（如全优度尺度K=5，损害尺度K=7等）
n_i: 判断图像为第 i 级的人数
J_i: 第 i 级质量规定的得分（就是等级表中前面的序数）

要求打分者不少于20人，其中包括训练有素的专家，也可没有经验的外行，代表观群的平均水平。


 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

155

- 四. 图像质量评价
 - 1. 主观评价法

 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

156

- 四. 图像质量评价
 - 1. 主观评价法
 - 2. 数值计算法

Quantitative Criteria

- Mean square criterion : $\sigma_{ms}^2 = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [u(m,n) - u'(m,n)]^2$
- SNR(signal-to-noise ratio) : $SNR = 10 \log_{10} \frac{\sigma^2}{\sigma_{ms}^2}$
- PSNR(peak-to-peak SNR) : $PSNR = 10 \log_{10} \frac{(\text{peak-to-peak value})^2}{\sigma_{ms}^2}$

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

157




PSNR=22.10, SSIM=0.9688 PSNR=20.97, SSIM=0.8947 PSNR=20.34, SSIM=0.8773 PSNR=21.12, SSIM=0.9119 PSNR=22.16, SSIM=0.9221

PSNR=22.11, SSIM=0.5478 PSNR=23.69, SSIM=0.8172 PSNR=27.19, SSIM=0.7979 PSNR=29.04, SSIM=0.8656 PSNR=28.71, SSIM=0.8139

PSNR=22.14, SSIM=0.6529 PSNR=26.03, SSIM=0.7929 PSNR=24.60, SSIM=0.7021 PSNR=26.12, SSIM=0.8070 PSNR=26.00, SSIM=0.8096

 HIT-Visual Intelligence Lab



哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

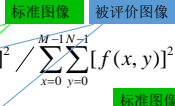
158

- 四. 图像质量评价
 - 2. 数值计算法


该方法是计算被评价的图像偏离标准图像的程度。该方法得到的结果通常与主观评价法的结果不一致，其主要原因是人眼有非线性及自适应的特性。


方法有多种，但都不太令人满意。介绍一二。

质量尺度：均方差法

采用能量归一化的均方差：
$$q_E = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y) - \hat{f}(x,y)]^2 / \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y)]^2$$

采用峰值归一化的均方差：
$$q_E = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x,y) - \hat{f}(x,y)]^2 / M \cdot N \cdot A^2$$

 HIT-Visual Intelligence Lab




哈尔滨工业大学
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

159

- 四. 图像质量评价
 - 1. 主观评价法
 - 2. 数值计算法
 - 小结

均方误差度量法的优点是直观、容易计算；其缺点是有时与主观评价法不一致，其主要原因是人眼有非线性及自适应的特性。

图像的编码、量化、压缩采用均方差法。
图像的增强、平滑、恢复采用主观评价法。

 HIT-Visual Intelligence Lab