Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Estímulo visual

Procesamiento Digital de imágenes

Grupo 01

Narváez Marqueda Ricardo André Sebastián

9 de septiembre de 2021

1. Objetivos:

- Encontrar la MTF del ojo experimentalmente
- Encontrar la frecuencia de máxima sensibilidad del ojo humano.

2. Introducción:

[Poner aquí un choro sobre la MTF, SVH (Sistema visual humano), Sensibilidad al contraste, estímulos visuales]

3. Desarrollo:

Se desarrolló e implementó satisfactoriamente el estímulo visual, se utilizaron muestras detalladas de sensibilidad al contraste que incluyen tanto el tamaño (frecuencia espacial) como el contraste para trazar la imagen cuyo propósito es medir la sensibilidad al contraste (CSF).

Las barras de ésta "rejilla de onda sinusoidal" representan frecuencias espaciales bajas al inicio cuando x→ 0 y las barras más delgadas representan frecuencias espaciales más altas cuando x→ 511.

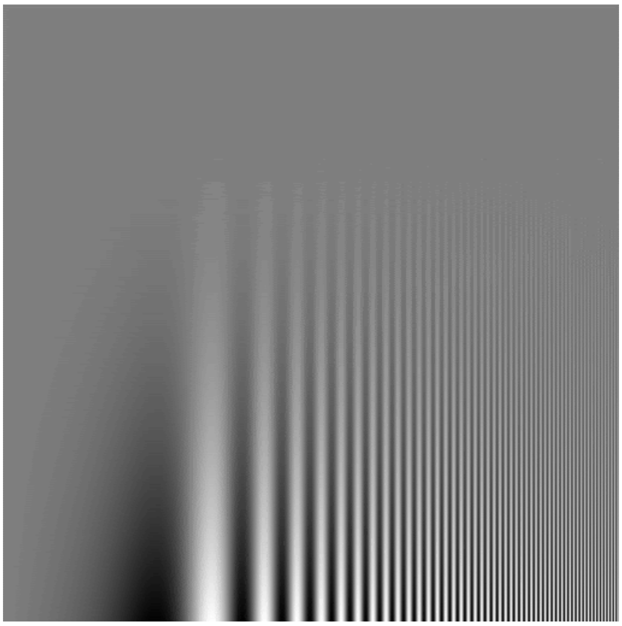

Figura 1. Imagen de referencia

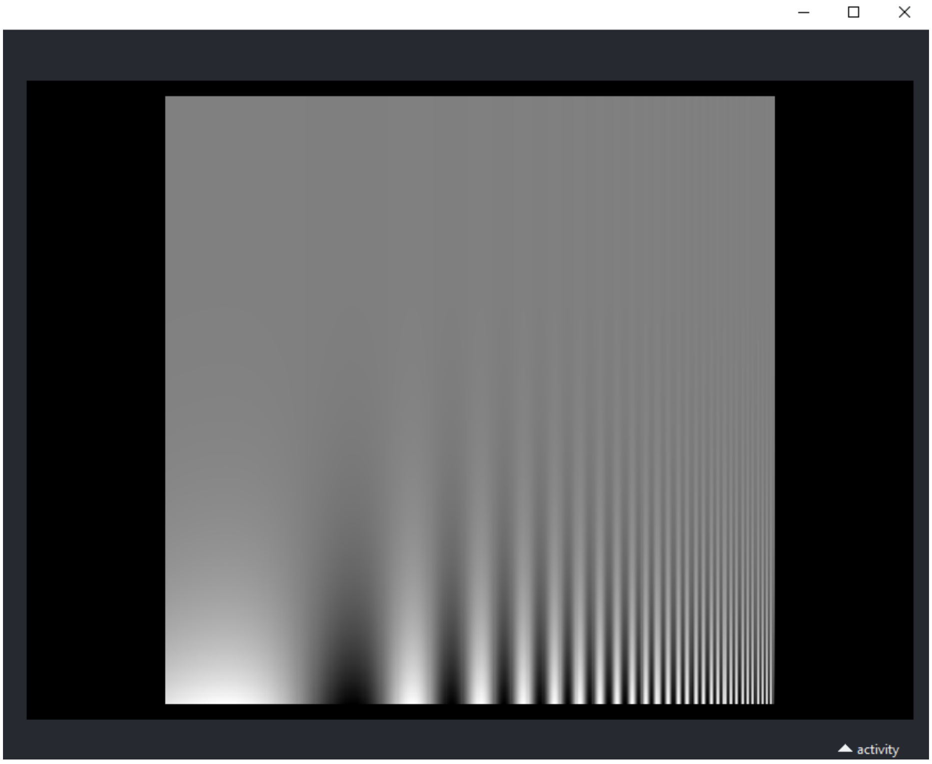

Figura 2. Resultado obtenido en Python

Se especificó la siguiente función senoidal para obtener la figura 2:

```
for i in range (512):
    f[i][0]=np.sin(k2*np.exp(k1*i))
```

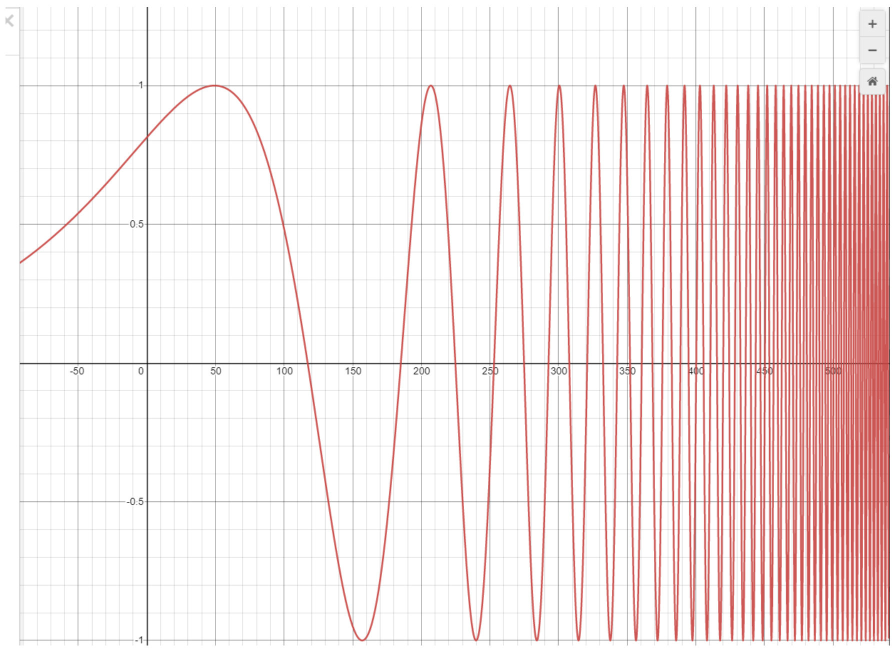

Figura 3. Gráfica de la función senoidal

Rango de x→ [0,511] | Rango de y→ [-1,1]

La función de atenuación tiene como propósito reducir la intensidad de la escala de grises (256 niveles) y tiene el siguiente comportamiento:

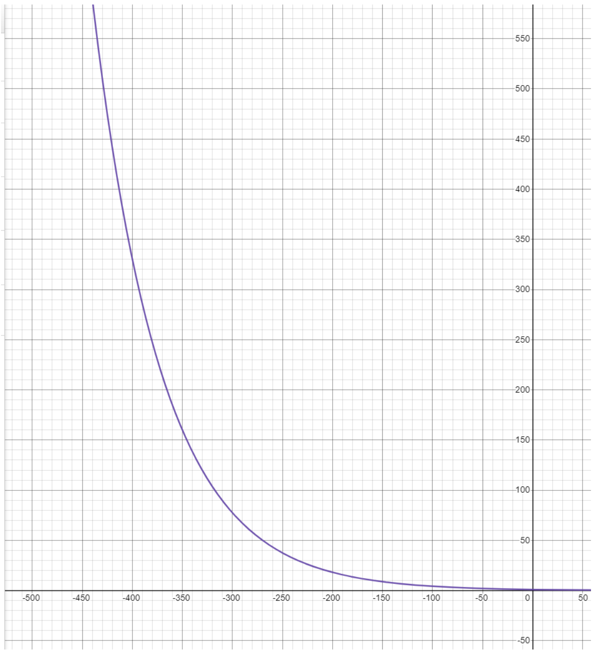

Figura 4. Gráfica de la función de atenuación

Rango de x→ [-500,0] | Rango de y→ [550,-50]

Los cálculos para obtener las respectivas constantes k_1 *y* k_2 se obtuvieron de la siguiente forma:

$$\Phi(x) = k_2 e^{k_1 x}$$

$$\frac{d\Phi(x)}{dx} = k_1 k_2 e^{k_1 x}$$

$$\frac{d\Phi(x)}{dx}\Big|_{x=511} = \pi ...$$

Sustituyendo cuando *x=511*:

$$k_1 k_2 e^{k_1 * 511} = \pi ... (1)$$

$$\frac{d\Phi(x)}{dx}\Big|_{x=0} = \frac{2\pi}{200}$$

$$\frac{d\Phi(x)}{dx}\Big|_{x=0} = \frac{\pi}{100}$$

Sustituyendo cuando *x=0*:

$$k_1 k_2 = \frac{\pi}{100}$$

$$k_1 = \frac{\pi}{100 \bullet k2} ... (2)$$

Introduciendo (2) en (1)

$$\frac{\pi}{100 \bullet k2}(k_2) e^{\frac{\pi}{100 \bullet k2} \bullet 511} = \pi$$

$$\frac{\pi}{100} e^{\frac{\pi}{100 \bullet k2} \bullet 511} = \pi$$

Despejando k2:

$$(\frac{\pi}{100}e^{\frac{\pi}{100\bullet k2}\bullet 511} = \pi)100$$

$$\pi e^{\frac{\pi}{100\bullet k2}\bullet 511} = 100\pi$$

$$e^{\frac{\pi}{100\bullet k2}\bullet 511} = 100$$

$$ln(e^{\frac{\pi}{100\bullet k2}\bullet 511}) = ln(100)$$

$$[\frac{\pi}{100\bullet k_2} \bullet 511 = ln(100)]^{-1}$$

$$\frac{100\bullet k_2}{\pi} \bullet \frac{1}{511} = \frac{1}{ln(100)}$$

Finalmente despejando k_2

$$k_2 = \frac{511\pi}{100\ ln(100)}$$

$$k_2 = 3.48598$$

Una vez obtenido $k_2 = 3.48598$, sustituímos:

$$k_1(3.48598) = \frac{\pi}{100}$$

$$k_1 = \frac{\pi}{100*3.48598}$$

$$k_1 = 0.009012078823$$

La constante $k_3$de valor 0.0255 se obtuvo por medio de tanteo, visualizando la imagen varias veces hasta obtener un resultado uniforme, es decir que las barras no sean tan discernibles y el color fuese uniforme a partir de cierta coordenada '*y*'.

4. Resultados

Sujeto de prueba	*Prueba*	*Distancia [m]*	Coordenada x_i	$\omega_s [\frac{rad}{px}]$	$f_s[\frac{ciclos}{px}]$	$\beta[\frac{grados}{512\ pix}]$	$\alpha[\frac{grados}{pixel}]$	$f_p[\frac{ciclos}{grado}]$
N.M. André	*#1*	*1*	262	0.3331122867	0.053016	8.2299024	0.0160740	3.2982689
	#2	*2*	195	0.18212082	0.028985	4.1322155	0.0080707	3.5914245
	#3	*3*	136	0.10701378	0.017032	2.7569609	0.0053847	3.1630003
A.H. Horacio	*#4*	*1*	250	0.2989674440	0.047582	7.969610394	0.0155656	3.0568695
	#5	*2*	203	0.1957360328	0.031152	4.004172941	0.0078207	3.9833461
	#6	*3*	140	0.1109418305	0.017657	2.671864595	0.0052185	3.3835373

Cálculos:

Para la prueba #3:

$$\omega_s|_{x_i=140} = 0.009012078823 \bullet 3.48598e^{0.009012078823 \bullet 136} = 0.1109418305[\frac{rad}{px}]$$

$$f_s = \frac{0.1109418305}{2\pi} = 0.017657$$

$$\beta = tan^{-1}(\frac{0.14}{3}) = 2.671864595[\frac{grados}{512\,px}]$$

$$\alpha = \frac{\beta}{512} = \frac{2.671864595}{512} = 0.0052185[\frac{grados}{px}]$$

$$f_p = \frac{1}{\alpha} fs = \frac{1}{0.0052185} \bullet 0.017657 = 3.3835373[\frac{ciclos}{grado}]$$

Nota*: En el monitor del sujeto de prueba "N.M. André" la medida real del estímulo visual una vez desplegado en pantalla es de **L=0.13 [**m**], por lo que , dado que la distancia de medición mínima fue de 1[m], podemos concluir que **D>6L**. En consecuencia se utilizó el método que involucra a β, visto en clase.*

5. Código

Requisitos para ejecutar el código:

- Python 3.x (recomendado 3.8)
- OpenCV 4.5
- napari 0.4.511

```
import cv2
import napari
import numpy as np

f=np.full((512,1),0,dtype=np.double) #Declaramos el arreglo F
g=np.full((1,512),0,dtype=np.double) #Declaramos el arreglo G

k1=0.009012078823#Rep
k2=3.4859
k3=0.0255   #Para la función de atenuación

for i in range (512):
    f[i][0]=np.sin(k2*np.exp(k1*i))
    g[0][i]=np.exp(-k3*i)

h=np.multiply(f,g)
h=cv2.rotate(h,cv2.ROTATE_90_COUNTERCLOCKWISE)
viewer=napari.view_image(h,colormap="gray") #Utilizamos napari para visualizar en tiempo
real
napari.run() #ejecutamos el visualizador
```

6. Conclusiones

Narváez Marqueda Ricardo André Sebastián: Se cumplieron satisfactoriamente los objetivos de la práctica tras haber entendido e implementado el concepto de la MTF y la sensibilidad al contraste del sistema visual humano. Así mismo, se logró desarrollar de manera exitosa en Python™ el estímulo visual (rejilla sinusoidal atenuada) para posteriormente poder caracterizar nuestra sensibilidad al contraste. Respecto a los resultados (y cálculos correspondientes), se realizaron varias revisiones de éstos con el propósito de confirmar que los valores obtenidos fuesen correctos. La MTF nos proporciona información sobre cómo un sistema óptico transfiere el contraste del objeto a la imagen para diferentes frecuencias espaciales y asimismo describe la calidad de la reproducción de imágenes ópticas en función de la frecuencia espacial cómo la relación entre la pérdida de contraste y la frecuencia espacial.

Acosta Hernández Horacio Emmanuel:

Referencias

Pratt, W. k., Digital Image Processing, John Wiley & Sons Inc, 2001.

Levine, M.D., Vision in man and machine, McGraw-Hill, 1985.

Raul Martín Herranz, Sensibilidad al Contraste - Optometría 1, S.F., consultado de http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/154/491/864022351_sensibilidad_al_contrastec.pdf, recuperado el 13 de septiembre de 2021.