

Percepción Visual De Bordes Borrosos: Ajuste Del Modelo De Cornsweet

José F. Barraza Y Elisa M. Colombo*, Héctor Rabal Y Patricia Torroba**

* INSTITUTO DE LUMINOTECNIA, LUZ Y VISIÓN "ING. H. C. BUHLER"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN.

AV. INDEPENDENCIA 1800 - (4000) TUCUMÁN - ARGENTINA

** CENTRO DE INVESTIGACIONES OPTICAS

COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE BUENOS AIRES - CONICET

e-mail: joseb%ilum@untere.edu.ar

Resumen

Se propone explicar la percepción visual de bordes con distinto grado de borrono recurriendo al modelo de "Suma Espacial Dependiente de la Intensidad" [Cornsweet y Yellot, 1985]. Este modelo se basa en muy pocas suposiciones y da cuenta de rasgos bien conocidos del sistema visual como la Ley de Weber, la de Ricco y la Sensibilidad al Contraste en función de las frecuencias espaciales. Investigaciones de los últimos años [Colombo y otros, 1993] muestran que el contraste y la pendiente del perfil de un borde desenfocado determinan la percepción de nitidez de los mismos. Otro trabajo [Torroba y Rabal, 1993] encuentra una fuerte correlación entre la calidad de la imagen y la respuesta del modelo. El estímulo se presentó en una pantalla de video tipo SVGA con 800x600 pixels y 64 niveles de gris. Se trabajó con la palabra "rio" creada por medio de un generador de gráficos tipo Corel Draw. El borrono se logró aplicando en forma sucesiva filtros pasa-bajos usando máscaras de 3x3 y 7x7 pixels. Se eligió como variable independiente la pendiente del flanco del perfil en grises de la letra manteniendo el contraste constante ($DC/C < 10\%$). La evaluación psicofísica de la nitidez fue realizada por 10 observadores usando una escala de 7 intervalos que se ha mostrado adecuada en trabajos anteriores (Colombo y Kirschbaum, 1990). La distancia del observador al monitor fue de 3,5m de manera que el tamaño del símbolo subtienda un ángulo visual de $0,3^\circ$. Se encuentra muy buen ajuste entre los valores normalizados de la evaluación de nitidez de los símbolos con distinto grado de borrono y la respuesta del modelo propuesto cuando se representan en función de la pendiente medida en el flanco. Las diferencias en ningún caso superan el 10%.

Summary

Our proposal is to explain the visual perception of profiles with different blur degrees, recurring to the IDS Summation Model (Cornsweet and Yellot, 1995.) This model is based on very few suppositions and shows features well known of the visual system, such as the Weber and the Rico law, and the Contrast Sensibility in function of spatial frequencies. Research of the last years (Colombo et al) shows that the contrast and profile slope of the density profile of a blurred profile determines the sharpness perception of the same. Another study (Torroba and Rabal, 1993) found a strong correlation between image quality and model response. The stimulus was presented in a video screen SVGA type with 800 by 600 pixels and 64 grey levels. The word "rio", created through a graphic generator like Corel Draw, was used. The blur was achieved through the successive application of low pass filters using 3x3 and 7x7 pixel masks. As independent variable was chosen the slope of the border profile in grey of the letter, maintaining a constant contrast ($C/C < 10\%$). The psychophysical sharpness evaluation was done by 10 observers, using a 7 interval scale that showed itself adequate in former studies (Colombo and Kirschbaum, 1990). The distance of the observer to the monitor was 3,5 m., in such a way that the symbol size subtends a visual angle of 3° . A very good adjustment between the normalised values of the sharpness evaluation of symbols with different blur degrees and the response of the proposed model is found when they are represented in function of the slope measured. In none of the cases, the differences exceed 10%.

Introducción

En el presente trabajo se propone explicar la percepción visual de bordes con distinto grado

de borrono recurriendo al modelo de "Suma espacial dependiente de la intensidad"

[Cornsweet y Yellot, 1985] conocido como Modelo de Cornsweet.

Investigaciones anteriores muestran que el parámetro físico que caracteriza la percepción de la definición de un borde desenfocado -Nitidez es la pendiente máxima del perfil de densidad fotográfica del borde [Colombo y ot., 1989; 1994]

Es posible ajustar modelos de uno o dos canales de campos receptivos, consistentes en la superposición de zonas excitatorias e inhibitorias de perfil gaussiano, que relacionan la nitidez, de muestras opacas o translúcidas, con el contraste y la pendiente máxima del perfil de luminancia en el primer caso y del registro densitométrico en el caso de fotos desenfocadas [Colombo y Rabal, 1989; Rabal y ot., 1990; Colombo y ot., 1990; Kirschbaum y ot, 1991; Rabal y Colombo, 1991 y Colombo y Rabal, 1993].

Se encuentra también que existe una fuerte correlación entre la calidad de la imagen y la respuesta del modelo de Cornsweet para imágenes desenfocadas [Torroba y Rabal, 1992].

Método

Se usó como estímulo la palabra "rio" creada por medio de un generador de gráficos tipo Corel Draw y presentada en un pantalla de video SVGA con 800 x 600 pixeles y 64 niveles de gris.

El borroneo en las 12 imágenes presentadas simultáneamente, se logró aplicando en forma sucesiva filtros pasa-bajo usando máscaras de 3x3 y de 7x7 pixeles.

La forma de generar el estímulo en este caso permitió modificar la pendiente del flanco del perfil en niveles de gris pero mantener el contraste de la letra constante dentro de un 10% ($DC/C < 10\%$), lo que fue posible también por el tamaño elegido para los símbolos.

El tamaño de las letras fue tal que a una distancia del observador al monitor de 3.5 m el símbolo subtende un ángulo visual de $0,3^\circ$ que se encuentra dentro de las condiciones óptimas de lectura [Legge y ot. 1985].

El modelo de Cornsweet

Este modelo llamado "Suma Espacial dependiente de la Intensidad" fue propuesto por Cornsweet y Yellot [1985]. Es muy robusto y utiliza sorpresivamente muy pocas suposiciones y da cuenta en muy buen grado de características bien conocidas del sistema visual, tales como la ley de Weber, la de Rico y la Sensibilidad al contraste dependiente de las frecuencias espaciales, por nombrar solamente algunas.

En el presente trabajo se aplica este modelo a imágenes con distinto grado de degradación y se compara el resultado normalizado con los datos psicofísicos obtenidos sobre la nitidez de los bordes de los símbolos en cuestión.

Las ideas básicas del modelo son las siguientes. Si partimos de una imagen de entrada bidimensional, la misma es registrada por un arreglo de fotorreceptores y ellos alimentan a una red que realiza la operación de suma que provee el modelo. La operación consiste de dos estados. Primero cada receptor da lugar a una función de punto extendida (PSF) no negativa cuya altura central es directamente proporcional a la intensidad de la imagen de entrada en el receptor y cuyo volumen es constante, de manera que su área (que es el volumen dividido por la altura del centro) es inversamente proporcional a la intensidad de la entrada. Segundo, estas PSFs se suman juntas para crear la imagen de salida o resultante. Esta imagen es entonces tomada por un arreglo de canales de salida, uno por cada ubicación del receptor.

La figura 1 ilustra cómo actúa el modelo sobre una imagen consistente en un borde escalón. La forma misma de la PSF no es crítica en tanto sea circularmente simétrica.

Este es un modelo no lineal comparado con el modelo de Marr, que es lineal pero requiere una Función de Punto Extendida con valores negativos correspondientes a la inhibición. A pesar de que no tiene una componente inhibitoria este modelo describe muy bien las bandas de Mach, el efecto visual de la acentuación de los bordes usualmente asociado con la inhibición lateral.

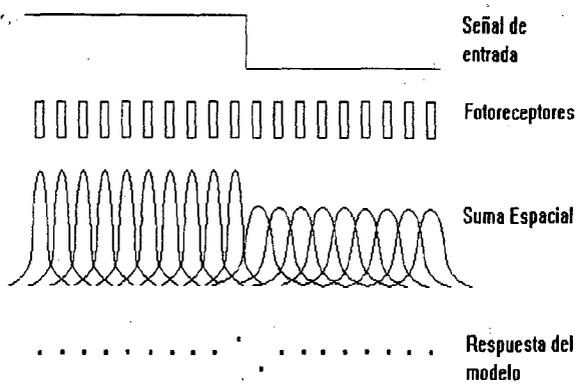


Figura 1. Esquema del Modelo de Cornsweet aplicado a un borde escalón.

Evaluación psicofísica

Los observadores tenían que clasificar el grado de nitidez de las 12 imágenes que se les presentaban simultáneamente. Se les advertía que tenían que

evaluar la definición de los bordes de acuerdo a una escala arbitraria desde el valor 3 (definición más pobre o mayor borrono) al valor 10 (mejor definición).

Diez observadores repitieron la evaluación 10 veces con distribuciones al azar de las 12 imágenes en la pantalla. De esta manera cada copia fue evaluada 100 veces. La figura 2 muestra un ejemplo de presentación.

Las figuras 3a y 3b muestran, en valores promedios, la evaluación de nitidez en función de las muestras tomando como parámetro la variable "observador", en el primer caso, y la variable "repetición" en el segundo. En ambos casos se puede ver que hay una marcada tendencia de las curvas que muestra que la evaluación de nitidez crece con la calidad de las muestras desde los valores mínimos a los máximos.

La figura 3a infiere que todos los observadores evalúan las muestras con un mismo criterio; la dispersión debida a la variabilidad entre observadores, no enmascara esta tendencia.

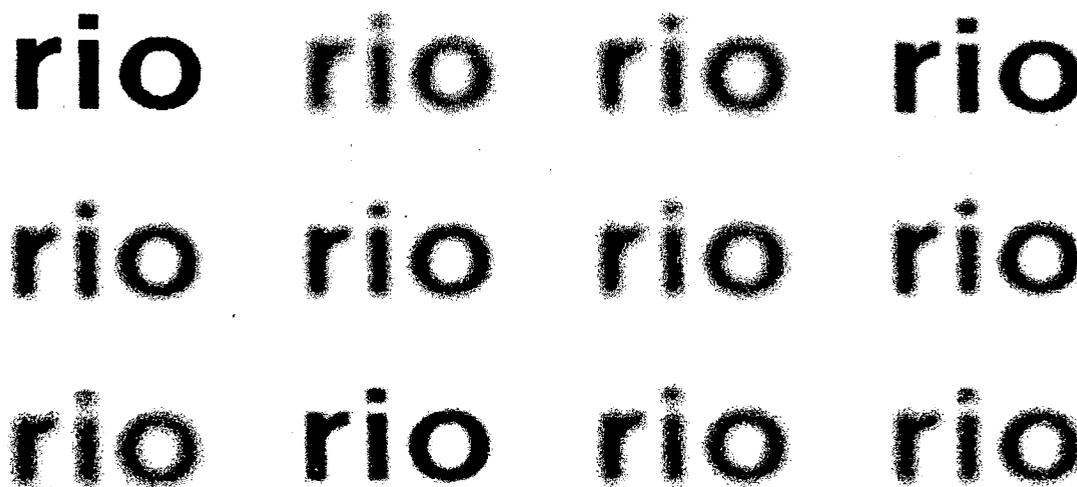


Figura 2. Presentación típica de las 12 muestras con distinto grado de borrono

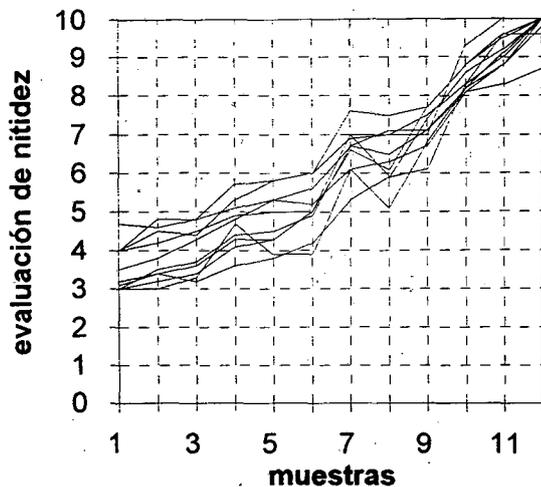


Figura 3a. Evaluación de la nitidez para las 12-muestras distintas tomando como parámetro el factor "observador". Cada curva es el promedio de las 10 ,repeticiones.

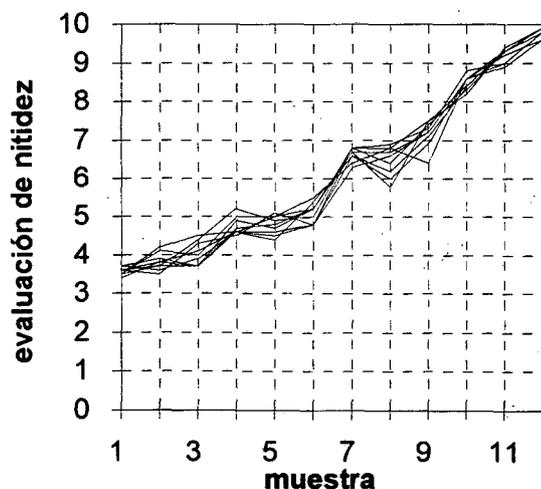


Figura 3b. Evaluación de la nitidez para las 12 muestras distintas tomando como parámetro el factor "repetición". Cada curva es el promedio dsobre los 10 ,observadores.

Por otro lado la figura 3b muestra, con mayor evidencia aún, que el factor repetición no es relevante.

Estos resultados fueron corroborados mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) realizado con el programa SYSTAT. Tomando el valor típico de probabilidad 0,05, se encuentra que no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos por los distintos observadores ni debido a la repetición. Además no se encuentra ninguna interacción entre las dos variables independientes.

Este análisis permitió caracterizar cada muestra con un valor de nitidez promedio sobre los 10 observadores y sobre las 10 repeticiones.

Resultados

Se comparó la salida del modelo de Cornsweet aplicado a las 12 muestras con la evaluación psicofísica de nitidez.

El modelo se aplica a perfiles unidimensionales. Se toma el caso gaussiano para la forma de la PSF que da la contribución de (x,y) -entrada- a (p,q) -salida- y que depende de la distancia entre ambos puntos y del valor de la intensidad en (x,y) . Finalmente asumimos que la imagen salida es la suma de todas las funciones de punto extendida en el punto de interés.

Los valores obtenidos del modelo se normalizan al igual que los valores obtenidos de la evaluación psicofísica. En la figura 4 se muestran estos resultados en función de la pendiente media. La correlación, ligeramente mayor que el 90%, muestra que el modelo de Cornsweet puede explicar convenientemente la perfomancia del sistema visual.

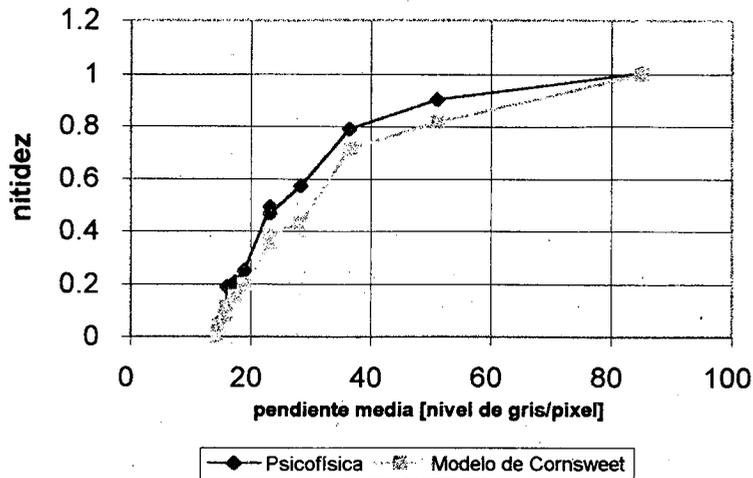


Figura 4. Comparación del Modelo de Cornsweet con la evaluación psicofísica de nitidez.

Referencias

* Colombo E., Rabal H.J., Kirschbaum C.F. y Jaen M.
Sensibilidad del sistema visual al desenfoque
Anales AFA Vol.1, San Luis (1989) 129-132

* Colombo E. y Rabal H.J.

Nitidez y desenfoque: ajuste de un modelo
Anales AFA Vol.1, San Luis (1989) 133-136

* Colombo E., Kirschbaum C.F. y Rabal H.J.
Calidad de impresos: ajuste de un modelo
Anales AFA Vol.2, La Plata (1990) 140-146

* Colombo E. y Kirschbaum C.F.

Print quality and visual performance
Lighting Research and Technology, 22(2),(1990) 85-93

* Colombo E. y Rabal H.J.

Un modelo de dos canales para explicar la percepción de nitidez

Optica Pura y Aplicada Vol. 26 Nro.2, (1993) 438-444

* Colombo E., Rabal H.J., Kirschbaum C.F. y Jaen M.
Assessment of defocused words and physical correlations

Journal of Imaging Science and Technology
March-April (1994)

* Cornsweet T.N y Yellot J.I. (Jr)

Intensity-dependent spatial summation
J. of Optical Society of Am. Vol.2, No.10, Oct 1985,
1769-1786

* Kirschbaum C.F., Colombo E. y Rabal H.J.
Sharpness and contrast: adjustment of a model

CIE 22nd Session - Division 1 - Melbourne Vol.1,
Part1, 29-30(1991)

* Legge G.E., Pelli D.G., Rubin G.S. y Schleske M.M.
Psychophysics of reading - I. Normal vision
Vision Research, vol.25, No.2, (1985 a) 239-252

* Rabal H.J. y Colombo E.

Propuesta de un modelo de dos canales en la percepción de bordes desenfocados

Anales AFA Vol.3, Tucumán (1991) 185-187

* Torroba P. y Rabal H.J.

Percepción visual del desenfoque usando Cornsweet
Presentado en la Reunión de AFA 1992