

Utilización de filtros gaussianos para la predicción del efecto Bezold en muestras de color dispuestas sobre redes de Ronchi

Ignacio Tortajada ¹, José Vicente Del Valle ², Fernando Brusola ¹

¹ Centro de Investigación en Tecnologías Gráficas de la Universitat Politècnica de València

² Alumno del Programa de Doctorado de Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales de la Universitat Politècnica de València

<http://www.upv.es>

Resumen: Hasta la fecha no se ha desarrollado un modelo definitivo que permita predecir con fiabilidad la sensación de color que se produce al observar estímulos de color dispuestos sobre determinados tipos de patrones compuestos por tramas de inducción sobre fondos en color o redes de Ronchi. En este trabajo se presenta un método basado en la utilización de filtros gaussianos que permite, de manera aproximada, predecir la variación de sensación de color que se produciría sobre una muestra al ser observada cuando se dispone sobre alguno de los patrones citados. La aproximación es de carácter visual/cualitativo y supone un paso más hacia el desarrollo de un modelo cuantitativo para la predicción del fenómeno.

1. Introducción

A principios del siglo XIX Chevreul descubrió que los colores rodeados de zonas claras aparentan ser más oscuros de lo que realmente son y que los colores rodeados de zonas oscuras aparentan ser más claros de lo que realmente son [1]. Además, al observar prolongadamente una imagen con predominancia de un determinado tono, en las zonas adyacentes a la imagen observada se percibía una cierta tendencia a la modificación de la sensación del tono de color en el sentido del tono del color complementario a la imagen de referencia. A este fenómeno se le denomina contraste simultáneo. Sin embargo, en determinadas ocasiones, dependiendo del tipo de fondo utilizado o del patrón de los colores adyacentes, se produce un fenómeno contrario al contraste simultáneo que ocurre cuando el patrón utilizado se presenta con frecuencias espaciales elevadas. Este fenómeno fue descubierto por Bezold [2]. Muchos son los factores que influyen en la percepción del efecto, como los descritos por Newhall [3] (experiencia y observador), Wright [4] (aberración cromática, adaptación local y movimiento ocular) y, más recientemente, Montalvá y otros [5-7] (orientación, distancia y tipo de patrón).

Aún no se ha desarrollado un modelo satisfactorio que permita predecir con fiabilidad la sensación de color que se produce cuando los estímulos luminosos se observan con fondos constituidos por tramas de inducción sobre fondos en color o redes de Ronchi. Muchos intentos para modelizar el fenómeno han sido publicados [8-15]. Blakeslee y McCourt [16, 17] plantean el uso de filtros gaussianos direccionales para explicar el fenómeno, pero aplicados exclusivamente sobre muestras en escala de grises. Aquí se presenta un método que sigue la línea de dichas investigaciones aplicadas sobre versiones coloreadas del patrón original, allanando el camino para encontrar un modelo complementario a otros ya existentes que permita predecir la sensación de color de un parche bajo la influencia de una trama de líneas coloreadas.

2. Método

Se ha generado una colección de seis patrones de Ronchi similares a los usados por Montalvá y otros [5-7] con las especificaciones de color utilizadas por Milkovic, Matijevic y Mrvac [18] para las redes de inducción de White [8, 9], mediante funciones programadas en MATLAB, tal y como se observa en la figura 1. Cada patrón está formado por dos fondos cuadrados sobre los que se dispone la misma muestra cuadrada de color y sobre la que se dispone un conjunto de franjas cuyo ancho es igual a la separación entre las mismas. Las especificaciones de color del fondo y de las franjas se intercambian entre las disposiciones izquierda y derecha de cada patrón, mientras que se mantiene constante la especificación del color de la muestra central cuadrada. Cada patrón se ha guardado en un archivo de imagen *tif* de aproximadamente 900x450 pixel, lo que a 150 dpi de resolución corresponde con unas dimensiones aproximadas de 7,5 x 15 cm. Es decir, cada fondo cuadrado tiene unas dimensiones de 7,5 cm de lado, lo que a la distancia de lectura de 45 cm subtende un ángulo de 10°. Las franjas, a la resolución indicada, tienen un ancho aproximado de 3,5 mm (20 pixel) y subtenden 0,2° a la distancia de lectura. Se disponen 10 franjas sobre cada fondo, correspondiendo con una frecuencia espacial 2 franjas o líneas por centímetro (2 cm⁻¹). La muestra central cuadrada tiene un lado aproximadamente igual a la mitad del lado del fondo.

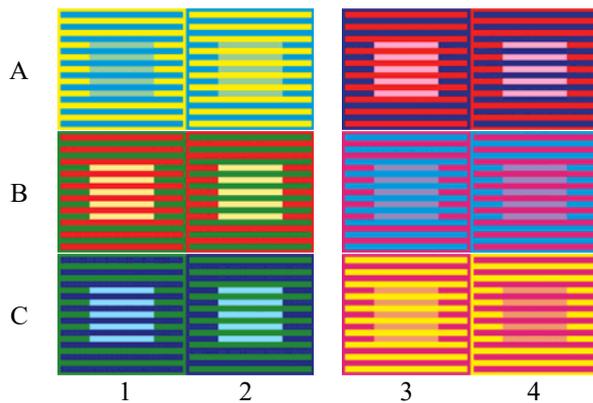


Figura 1

Las especificaciones de color empleadas para generar los patrones mostrados en la figura 1 corresponden con lo indicado en la tabla 1.

Posteriormente, se aplica sobre cada patrón un filtro gaussiano con $\sigma = 40$, que corresponde con el ancho de las franjas en píxeles. Se experimentaron diferentes valores de σ y se llegó a la conclusión que los mejores resultados del filtrado, en cuanto a la capacidad de predicción de la sensación de color producida por el patrón de Ronchi sobre la muestra, correspondían con igualar σ al ancho en píxeles de las franjas del patrón.

Fila y columna según la distribución de muestras indicada en la figura 1	Especificación del color de las franjas principales			Especificación del color del fondo			Especificación del color del estímulo luminoso a observar		
	L^*	C_{ab}^*	h_{ab}	L^*	C_{ab}^*	h_{ab}	L^*	C_{ab}^*	h_{ab}
A1	60	43	249	90	91	96	75	29	149
A2	90	91	96	60	43	249	75	29	149
B1	50	86	36	50	57	142	90	45	96
B2	50	57	142	50	86	36	90	45	96
C1	25	51	299	50	57	142	80	29	239
C2	50	57	142	25	51	299	80	29	239
A3	50	86	36	25	51	299	75	35	352
A4	25	51	299	50	86	36	75	35	352
B3	60	43	249	50	70	0	60	29	301
B4	50	70	0	60	43	249	60	29	301
C3	90	91	96	50	70	0	70	46	49
C4	50	70	0	90	91	96	70	46	49

Tabla 1: Especificaciones del color de los estímulos luminosos utilizados en los patrones de la figura 1.

La expresión que define la función de pesos del filtro gaussiano es: $g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$, donde x es la distancia horizontal, medida en píxeles, desde el origen de aplicación del filtro, y es la distancia vertical desde el origen de aplicación del filtro, medida en píxeles, y σ es la desviación típica. Una vez aplicado el filtro, se compara la apariencia del color resultante del estímulo original observado bajo condiciones estándar [19] (figura 2-a), en presencia de la red de Ronchi seleccionada (figura 2-b), al aplicar el filtro al conjunto estímulo-red de Ronchi (figura 2-c) y al observar el estímulo bajo condiciones estándar con una muestra de color tomada en el área central de la imagen filtrada anterior (figura 2-d)

3. Resultados

Los datos y los resultados obtenidos aplicando el método indicado en el apartado anterior, se muestran en la tabla 2 y en la figura 2

Referencias de las redes de Ronchi mostradas en la fig. 2b correspondientes con las indicadas en la fig. 1	Apariencia de color del estímulo luminoso observado bajo condiciones estándar (fig. 2a)			Apariencia de color del estímulo filtrado, predicha por el modelo, observado bajo condiciones estándar (fig. 2d)			Viraje predicho de la apariencia de color		
	L^*	C_{ab}^*	h_{ab}	L^*	C_{ab}^*	h_{ab}	ΔL^*	ΔC_{ab}^*	Δh_{ab}
A1	75	29	149	68	23	211	-7	-6	62
A2	75	29	149	83	52	108	8	23	-41
B1	90	45	96	74	48	65	-16	3	-31
B2	90	45	96	75	43	110	-15	-2	14
C1	80	29	239	62	28	255	-18	-1	16
C2	80	29	239	68	25	203	-12	-4	-36
A3	75	35	352	64	48	10	-11	13	18
A4	75	35	352	58	33	334	-17	-2	-18
B3	60	29	301	60	33	272	0	4	-29
B4	60	29	301	55	44	339	-5	15	38
C3	70	46	49	81	64	84	11	18	35
C4	70	46	49	61	50	23	-9	4	-26

Tabla 2: Especificaciones del color del estímulo luminoso a observar, estímulo filtrado y viraje entre ambos.

Las especificaciones de color de la muestra filtrada se han obtenido aplicando a los resultados proporcionados por el filtro en RGB el perfil de color ICC sRGB IEC61966-2.1. En la tabla 3 se hace un resumen de los resultados visuales percibidos, según la opinión consensuado por los autores de este trabajo con criterios de aceptabilidad, después de visualizar los estímulos bajo las condiciones indicadas en la figura 3.

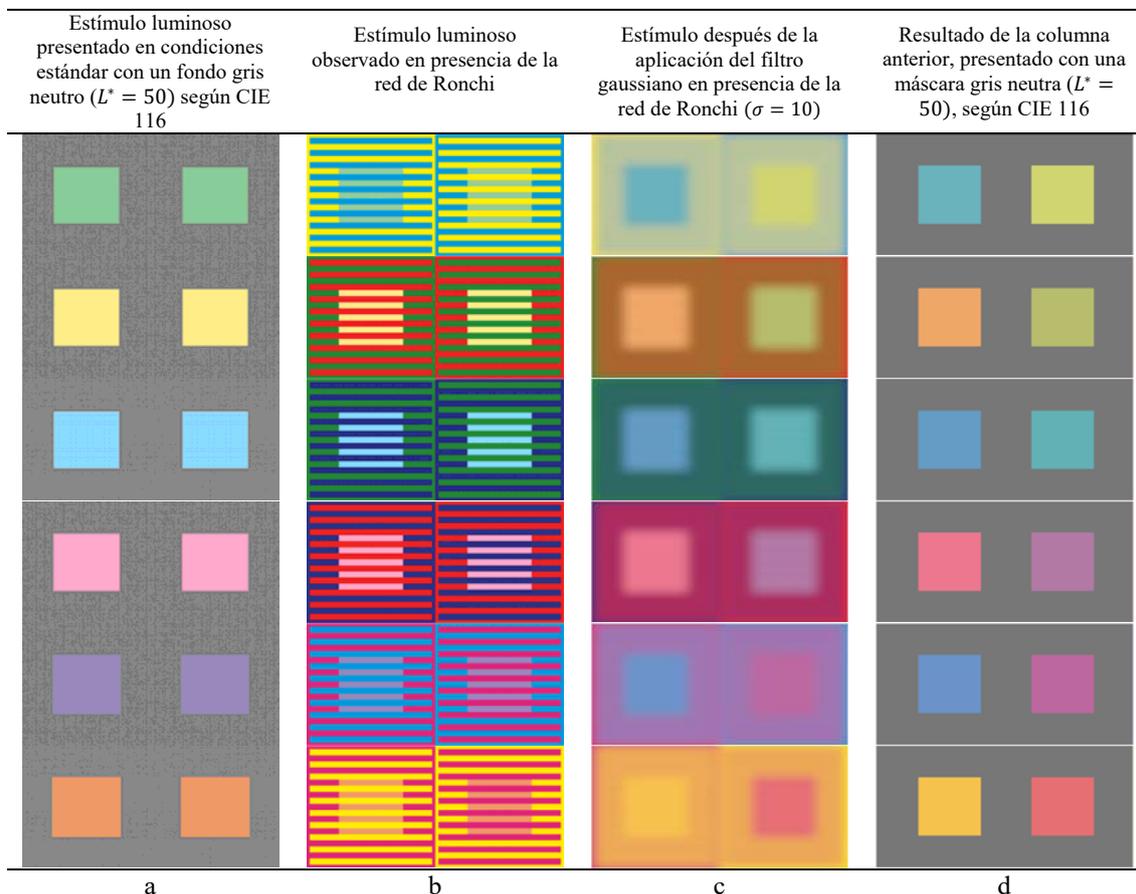


Figura 2: Estímulos luminosos presentados bajo condiciones estándar (a), dispuestos sobre la red de Ronchi correspondiente (b), después de aplicar el filtro gaussiano (c) y filtrados y presentados bajo condiciones estándar (d).

Ref.	Tono dominante en el estímulo luminoso original percibido bajo condiciones estándar (CIE 116)	Tono dominante de la sensación de color al visualizar el estímulo luminoso bajo la red de Ronchi	Tono dominante de la sensación al visualizar el estímulo filtrado bajo la red de Ronchi	Tono dominante en el estímulo luminoso filtrado bajo condiciones estándar (CIE 116)
A1	Verde	Cian poco saturado	Cian poco saturado	Cian poco saturado
A2	Verde	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo Verdoso
B1	Amarillo	Amarillo rojizo	Anaranjado claro	Anaranjado claro
B2	Amarillo	Amarillo verdoso	Verde claro	Verde claro
C1	Cian	Azul claro	Azul claro	Azul claro
C2	Cian	Verde	Verde	Verde
A3	Magenta	Magenta rojizo	Magenta rojizo	Magenta rojizo
A4	Magenta	Púrpura claro	Púrpura	Púrpura
B3	Morado claro	Cian	Cian	Cian
B4	Morado claro	Magenta	Magenta	Magenta
C3	Naranja	Amarillo rojizo	Amarillo rojizo	Amarillo Rojizo
C4	Naranja	Magenta	Magenta	Magenta

Tabla 3: Descripción cualitativa de los tonos dominantes de la figura 1.

4. Conclusiones

Los tonos dominantes de la sensación de color al visualizar el estímulo luminoso bajo la red de Ronchi y los filtrados bajo esa misma red coinciden aproximadamente, de manera cualitativa, según los observadores. La capacidad de predicción de la sensación de color del modelo propuesto se hace más patente cuando los estímulos son observados bajo condiciones estándar, tal y como puede observarse comparando las columnas b y d de la figura 2.

El método presentado puede suponer una aportación más para el desarrollo de modelos de apariencia de color en las que las condiciones de observación se desvíen mucho de las condiciones estándar de observación indicadas en CIE 116 [19], especialmente cuando se utilizan fondos o iluminantes no neutros o fuertemente saturados. Los modelos de apariencia del color desarrollados hasta la fecha, como la versión del modelo CIECAM para imágenes iCAM06 [20] producen resultados que se desvían excesivamente con respecto a lo esperado cuando se aplican a redes de Ronchi como las indicadas en este trabajo.

Bibliografía

- [1] M. E. Chevreul, *De la loi du contraste simultané des couleurs* (Pitois-Levrault et ce, Paris, 1939)
- [2] W. V. Bezold, S. R. Koehler, E. C. Pickering, *The theory of color in its relation to art and art-industry* (Boston, L. Prang and Co., 1876)
- [3] S. M. Newhall, "The reversal of simultaneous brightness contrast", *Experimental Psychology*, **31**, pp. 393-409 (1942).
- [4] W. D. Wright, *The measurement of colour* (London Hilger, 1969).
- [5] J. Montalvá, I. Tortajada, M. Aguilar, *Influencia de la orientación, color y frecuencia de una red de Ronchi en la asimilación cromática (efecto Bezold) producida en la visión de una secuencia rectangular situada en su interior* (Universitat Politècnica de València, 2011).
- [6] J. Montalvá, I. Tortajada, I. Castilla, M. Martínez, M. Aguilar, "Percepción visual de una secuencia rectangular, vista a través de una red acromática de contraste unidad", *IX Congreso Nacional de Color. Alicante (España). Sociedad Española de Óptica* (2010).
- [7] J. Montalvá, I. Tortajada, I. Castilla, M. Martínez, M. Aguilar, "Influencia de la orientación (vertical-horizontal) de redes acromáticas en la visión de secuencias intercaladas", *Óptica Pura y Aplicada*, **43**, pp. 213-217 (2010).
- [8] M. White, "A new effect of patten on perceived lightness", *Perception*, **8**, pp. 413-416 (1979).
- [9] M. White, "The effect of the nature of the surround on the perceived lightness of grey bars within square-wave test gratings", *Perception*, **10**, pp. 215-230 (1981).
- [10] P. Bressan, "The place of white in a world of grays: A double-anchoring theory of lightness perception", *Psychological Review*, **113**, pp. 526-553 (2006).
- [11] A. Gilchrist, C. Kossyfidis, F. Bonato, T. Agostini, J. Cataliotti, X. Li, "An anchoring theory of lightness perception", *Psychological Review*, **106**, pp. 795-834 (1999).
- [12] W. D. Ross, L. Pessoa, "Lightness from contrast: A selective integration model", *Perception & Psychophysics*, **62**, pp. 1160-1181 (2000).
- [13] Adelson, E. H., *Lightness perception and lightness illusions*. (M. Gazzaniga. The new cognitive neurosciences (2nd ed., pp. 339-351), Cambridge MA: MIT Press, 2000).
- [14] B. L. Anderson, "A theory of illusory lightness and transparency in monocular and binocular images: The role of contour junctions", *Perception*, **26**, pp. 419-453 (1997).
- [15] A. Yazdanbakhsh, E. Arabzadeh, B. Babadi, A. Fazl, "Munker - White-like illusions without T-junctions", *Perception*, **31**, pp. 711-715 (2002).
- [16] B. Blakeslee, M. E. McCourt, "A multiscale spatial filtering account of the White effect, simultaneous brightness contrast and grating induction", *Vision Research*, **39**, pp. 4361-4377 (1999).
- [17] B. Blakeslee, M. E. McCourt, "A unified theory of brightness contrast and assimilation incorporating oriented multiscale spatial filtering and contrast normalization", *Vision Research*, **44**, pp. 2483-2503 (2004).
- [18] M. Milkovic, M. Matijevic, N. Mrvac, "Intensity evaluation of the spreading and simultaneous contrast effects based on the dotted White's samples", *Tehnicki vjesnik* **19**, pp. 521-527 (2012).
- [19] CIE 116, *Industrial Colour-Difference Evaluation* (Commission Internationale de l'Éclairage, 1995)
- [20] J. Kuang, G. M. Johnson, M.D. Fairchild, "iCAM06: A refined appearance model for HDR image rendering", *J. Vis. Commun. Image R.*, **18**, pp. 406-414 (2007).