



PERCEPCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

CONTEXTO DE LA ESTEREOPSIS

La visión provee la información acerca de que son los objetos y dónde están. La percepción visual de los objetos depende en gran parte de la imagen retiniana y del proceso neural que soporta la visión monocular. Los aspectos de la visión monocular que ya se han revisado incluyen:

- Visión espacial (SC, AV, etc)
- Visión del color
- Adaptación visual
- Visión temporal

La percepción de dónde se encuentran los objetos puede ser referida también como una percepción espacial. La percepción espacial puede dividirse en la sentido de dirección y de distancia. La dirección visual es una función tanto de la visión monocular como la binocular. Anteriormente se revisó:

- Dirección visual Oculo céntrica (monocular) y
- Egocéntrica (binocular)

PERCEPCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

Ambas, tanto la visión monocular como la binocular contribuyen a la percepción de la distancia – la cual es la **percepción de profundidad**

La percepción de la distancia se puede categorizar en percepción de la profundidad absoluta y relativa.

- La Percepción de la profundidad (percepción de la distancia) es un estimado de la distancia física a un objeto, en unidades tales como metros. Se basa principalmente en claves de profundidad monocular.
- La Percepción de profundidad relativa (percepción de la profundidad) estima la ubicación de los objetos en relación con otros objetos, en lugar de en términos de distancia física. Se basa en las claves de profundidad monocular y binocular.

Hay que tener en cuenta que una persona puede tener la percepción de profundidad, incluso sin estereopsis. De hecho, al ver objetos distantes (más allá de unos 6 metros), la estereopsis contribuye poco a la percepción de profundidad; las señales monoculares son por lo general más importantes. La estereopsis sólo proporciona información relativa de profundidad, mientras que las estimaciones absolutas de distancia requieren señales monoculares.

Ambas señales monoculares y estereopsis trabajan juntos para dar información de la profundidad absoluta y relativa.

CLAVES MONOCULARES DE PROFUNDIDAD

Una revisión de señales de profundidad monocular se puede encontrar en Schwartz en el Capítulo 10. Las claves de profundidad monocular incluyen pistas pictóricas, movimiento de paralaje, y el efecto de profundidad cinética. Cuando se habla de claves de profundidad monocular, se suele pensar en las claves pictóricas, que son las características geométricas o efectos de imagen contenidos en imágenes bidimensionales que dan la ilusión de profundidad o distancia. Esto se ve todos los días en los monitores de computador, televisores y en las fotografías. A pesar de que las imágenes son planas, percibimos la profundidad o distancia. Estas ilusiones de profundidad no requieren la visión binocular.

Algunas de las señales de profundidad pictóricas son:

Tamaño

El tamaño de la imagen retinal se puede utilizar para estimar la distancia a un objeto. El tamaño de la imagen es inversamente proporcional a la distancia. Se requiere de cierto conocimiento del objeto. La imagen de una persona a la distancia es pequeña, pero el observador ya sabe cuál es la altura aproximada. Con la comprensión de esto se puede estimar la verdadera distancia.

Dos cosas pueden provocar la disminución del tamaño de la imagen retinal:

- 1) Que el tamaño del objeto permanezca constante, pero se incremente la distancia, o
- 2) Que la distancia se mantenga pero el objeto se encoja

Puesto que se sabe que la mayoría de los objetos no se reducen o crecen, el cerebro interpreta generalmente cambios en el tamaño de la imagen retiniana según la opción # 1 - que la distancia, mas no el tamaño del objeto, está cambiando. Esto está estrechamente relacionado con el principio de la **constancia de tamaño**. Este es el principio de que, en la visión, el tamaño percibido de un objeto permanece relativamente constante, incluso si se trata de cambios de tamaño de la imagen de la retina.

Constancia de la forma es similar a la constancia del tamaño. La forma percibida de un objeto permanece relativamente constante incluso si hay cambios reales en la forma de la imagen de la retina, como ocurre debido a los cambios en el ángulo de visión. La constancia del tamaño y la forma se puede utilizar para explicar algunas ilusiones interesantes, tales como **la ilusión de la luna** (Schwartz p. 243-244) o ilusiones tales como las ilustradas en la **Fig. de Schwartz 10-1 o 7-1 de Steinman**. Una ilusión similar se describe en la **ley de Emmert**, que establece que:

Una post imagen proyectada o la imagen eidética se altera en tamaño en proporción a la distancia de la superficie sobre la que se proyecta. Una imagen eidética se define en el Diccionario de la Ciencia Visual como: "Una extraordinaria experiencia, de una foto mental basada en el recuerdo de una experiencia visual previa y que se caracteriza por su claridad y aparente carácter real, y la precisión de los detalles." (Diccionario de la Ciencia Visual, 1997)

Steinman Fig. 7-2 ilustra la ley de Emmert. Puede Ud. explicar esta imagen?



Figura 25.1 Está este hombre sosteniendo a una persona pequeña en la palma de su mano?

Esta ilusión es creada por la constancia del tamaño. Puede explicar cómo?

P Puede explicar esta ilusión (Fig 25.2)?



Figura 25.2 La ilusión de la luna.

Perspectiva lineal

Esta se basa en el principio del tamaño (arriba).

La distancia entre dos líneas paralelas disminuye con la distancia.

Textura

- También está relacionada con el principio del tamaño.
- El tamaño angular de los patrones repetitivos se disminuye con la distancia.



Figura 25.3 Tamaño, aquí se demuestran la perspectiva lineal y la textura.

- Los objetos más cercanos bloquean los más lejanos.

Claridad

- También se le conoce como perspectiva aérea.
- Los objetos más lejanos parecen tener menor contraste, o pueden aparecer ligeramente borrosos.
- Esto se basa en los principios ópticos tales como la dispersión y el desenfoque.

Iluminación y sombra también contribuyen fuertemente a la percepción tridimensional de la profundidad y la distancia.

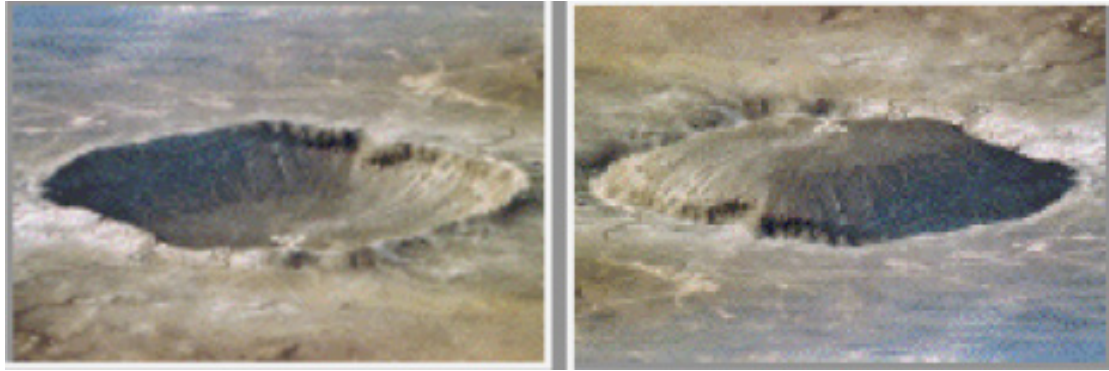


Figura 25.4 Dos fotos idénticas, excepto que la derecha de ha volteado de arriba para abajo. Esto reversa la posición de los contornos iluminados y sombreados y crea una percepción completamente diferente de la profundidad.



Figura 25.5 Cuántas de las claves monoculares de profundidad pueden ser identificadas en esta pintura de Dru Blair, el famoso artista de la aviación? También se puede observar una fuerte ilusión de movimiento. (<http://www.drublair.com>)

Paralaje del movimiento

El **Paralaje del movimiento** también puede proporcionar una información monocular vívida de profundidad, porque si se observa una escena mientras se está moviendo, la posición relativa de los objetos cambia, dependiendo de su ubicación relativa al punto de fijación del observador (**Steinman Fig. 7-9**). Por lo cual, cuando se conduce por una carretera en la noche, al observar los árboles pasar, la luna parece moverse en la misma dirección en la cual se está conduciendo. Por otro lado, si se fijan los árboles, los objetos más cercanos parecen moverse en la dirección contraria.

- Los objetos más cercanos que el punto de fijación – van en contra del movimiento
- Los objetos más allá de punto de fijación – van con el movimiento

El paralaje del movimiento también se puede utilizar para determinar cuándo una opacidad ocular está en frente o por detrás de la pupila, al observarla con el oftalmoscopio directo.

Efecto Cinético de Profundidad y Movimiento Biológico

Otra clave monocular de profundidad es el **Efecto Cinético de Profundidad**. La imagen plana de un objeto rotando, tal como en una animación computarizada, o la sombra de un alambre que gira proyectada en una pantalla, adquiere una fuerte percepción tridimensional por el movimiento de la imagen (**Steinman Fig. 7-10**). El Efecto Cinético de Profundidad y el **movimiento biológico** pueden provocar una fuerte sensación de percepción tridimensional de la profundidad aun cuando no sean fenómenos binoculares.

"Una variedad de señales, incluyendo la disparidad binocular, interposición, sombreado y textura, son utilizadas por el sistema visual para inferir la estructura y profundidad. Sin embargo, una percepción muy convincente de la estructura y la profundidad puede ser obtenida sobre la base de solo del movimiento. [...] las transformaciones en el campo visual resultante de la circulación de los objeto, así como los movimientos del cuerpo, la cabeza y los ojos, puede ser suficiente para producir una percepción de la profundidad. La percepción de la profundidad resultante de la transformación sistemática de imágenes de la retina se llama el efecto cinético de profundidad. [...] Nuestra capacidad de inferir la estructura y la profundidad es tan poderosa que el movimiento por sí solo, sin forma, puede ser un estímulo suficiente. [...] Un tipo particular de movimiento, el movimiento biológico, es producido por los complejos patrones de movimiento producidos por los seres humanos y los animales. [...] Johansson adhirió luces a los hombros, codos, muñecas, caderas, rodillas y tobillos de actores e hizo las películas de ellos moviéndose en una habitación oscura. Todo lo que era visible en la película era el patrón de los movimientos realizados por las luces. Para su gran sorpresa, Johansson y sus colegas descubrieron que tan pronto como los actores comenzaron a moverse, observadores ingenuos inmediatamente podrían percibir que las luces estaban unidas a seres humanos, de otro modo invisibles".

Esta técnica se está utilizando cada vez más en las películas para crear figuras animadas muy realistas. Usando una técnica llamada captura del movimiento, los productores de películas registran el movimiento biológico de las personas reales y, a continuación, se aplican a las figuras generadas por computador.

"Una técnica llamada captura de movimiento permite registrar el movimiento real que se aplicará a los personajes digitales. Un actor lleva marcadores reflectantes en las articulaciones clave del cuerpo, y las cámaras alrededor registran en el computador el movimiento de la luz infrarroja reflejada. Más tarde, estos datos de movimiento se transfiere al personaje digital"

El siguiente sitio web, (<http://www.pbs.org/wgbh/nova/specialfx2/>) describe cómo los efectos especiales, incluyendo la captura de movimiento, se utilizaron para crear personajes virtuales para la película Titanic, y tiene otras demostraciones interesantes, como una Marilyn Monroe virtual (<http://www.pbs.org/wgbh/nova/specialfx2/marilyn.html>). Esta técnica también se utilizó para crear el personaje de Gollum, en el Señor de los Anillos. Para ver un interesante video de cómo crearon a Gollum, vaya al siguiente sitio web y seleccione el vídeo "Bringing Gollum to life" (http://www.lordoftherings.net/index_flat_editorials_golluminterview.html).



Figura 25.6 Gollum, representado por el actor Andy Serkis.

Estas señales de profundidad monoculares proporcionan un sentido muy útil de profundidad y en muchos casos las señales de profundidad monoculares son superiores a las señales binoculares como la estereopsis. A veces las señales de profundidad monocular pueden entrar en conflicto entre sí y llevar a diferentes ilusiones visuales interesantes. Algunas ilusiones comunes las describe Schwartz en el capítulo 10. Algunas de las mejores demostraciones de las ilusiones visuales se pueden encontrar en el sitio web de Illusion Works: http://psylux.psych.tudresden.de/i1/kaw/diverses%20Material/www.illusionworks.com/html/jump_page.html

BIBLIOGRAFÍA

- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999. Chapter 10.
- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000. Chapter 7.
- Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of visual science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1997.
- Benjamin, W. **Borish's Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006. Chapter 21.
- Goss DA. **Ocular accommodation, convergence, and fixation disparity: A manual of clinical analysis**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1995.
- Kaufmann PL, Alm A and Francis HA. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Schor CM and Ciuffreda KJ. **Vergence eye movements: Basic and clinical aspects**. Butterworth, Michigan. 1983.
- Von Noorden GK. **Binocular Vision and Ocular Motility - 5th Edition**. Mosby, St. Louis. 1996.
- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heinemann, 1995.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.
- Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.
- Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.