

## **PROGRAMA “FÍSICA DE LA VISIÓN”**

### **Introducción.-**

Procesado de la información en el SVH: las dimensiones de la percepción.

### **Unidad I. Fundamentos neurales de la Percepción Visual.**

#### **Intro.- Estructura y función del sistema visual.**

Arquitectura del sistema visual. Especialización funcional de los caminos visuales. Especialización funcional en y más allá del cortex estriado.

#### **Tema 1.- La retina y los caminos visuales.**

Propiedades de los fotorreceptores: sensibilidad espectral (absortancia, principio de univariancia), respuestas no lineales. Propiedades de las células ganglionares: recuerdo de los conceptos de excitación e inhibición, propiedades temporales (respuesta impulsional, latencia e índice de transitoriedad), sensibilidad espectral (células oponentes y no oponentes), respuestas no lineales, sensibilidad espacial (definición de campo receptivo, mapas de inputs, estímulos óptimos, respuestas en frecuencia). La función campo receptivo espacio-temporal.

#### **Tema 2.- El cortex estriado.**

Tipos de células en el cortex estriado. Arquitectura y propiedades de las células con campos receptivos circulares (Tipo *III-like* y oponentes dobles). Arquitectura y propiedades de las células con campos receptivos alargados (simples, complejas y end-stopping).

### **Unidad II. Sensibilidad y adaptación.**

#### **Intro.- Radiancia, luminancia y luminosidad.**

Magnitudes y unidades radiométricas y fotométricas (a cuenta del usuario). Espectros de acción del SV: Observadores Patrón. Definición de luminancia: ley de Abney. Luminosidad vs luminancia.

#### **Tema 3.- El umbral absoluto.**

Sobre la naturaleza probabilística de la detección: definición de umbral absoluto. Curva de adaptación a la oscuridad. Umbrales (asintóticos) de conos y bastones.

**Tema 4.- Umbrales incrementales.** Definición de umbral incremental. Umbral incremental vs luminancia del fondo (flash o adaptador): ley de Weber. Umbral incremental vs longitud de onda. Sensibilidad en el campo visual.

#### **Charla.- Sobre los mecanismos de la adaptación.**

→Mecanismos mecánicos (la pupila), fotoquímicos (blanqueo y regeneración de los pigmentos visuales) y neurales (control de ganancia en los conos y en las células ganglionares).

### **Unidad III. Colorimetría y visión del color.**

**Intro.-** Colores relacionados y no relacionados: descriptores perceptuales del color. Sistemas de ordenación del color (el atlas Munsell).

**Tema 5.- La trivariancia visual: Introducción a la colorimetría triestímulo.**

Metamerismo; leyes de Grassman. Para caracterizar un color son necesarios y suficientes tres parámetros: la luminancia, el color dominante y la pureza colorimétrica. Caracterización RGB de un estímulo: valores triestímulo, funciones de igualación del color; cálculo de los valores triestímulo a partir de las funciones de igualación. Definición de coordenadas cromáticas: diagrama cromático.

#### **Tema 6.- Colorimetría triestímulo II.**

Pero, los primarios y el blanco de referencia pueden ser cualesquiera. Relación entre los valores triestímulo y la luminancia, relación entre los valores triestímulo, las coordenadas cromáticas y la luminancia. Mezcla de colores. Cambio de espacio. El espacio XYZ.

#### **Tema 7.- Apariencia de los colores aislados.**

Relaciones de primer y de segundo orden entre los descriptores perceptuales y los parámetros físicos (a cuenta del usuario).

#### **Tema 8.- Apariencia de los colores que forman parte de una escena.**

Cambios de la apariencia producidos por habituación y por inducción (a cuenta del usuario). Cambios de apariencia debidos a la cromaticidad del iluminante (adaptación cromática): pares correspondientes. La constancia del color.

#### **Tema 9.- La teoría tricromática de la visión del color.**

La visión del color depende del número de pigmentos. ¿Qué relación hay entre los valores triestímulo, RGB, y las excitaciones de los conos, LMS?: funciones de igualación de color vs sensibilidad espectral de los *fundamentales*. Pero, si LMS son valores triestímulo, ¿cuales son los primarios y cual es el blanco de referencia?: transformación de XYZ a LMS (fundamentales de Smith y Pokorny). Con un modelo de adaptación cromática sencillo se pueden predecir los pares correspondientes razonablemente bien. Pero, entonces, ¿porqué no es suficiente con LMS?.

#### **Tema 10.- Requisitos para un modelo realista de la visión del color.**

El experimento de cancelación del tono. Proposición: en algún lugar del sistema visual existen ciertos mecanismos (a los que denominaremos ATD), cuyas sensibilidades espectrales son las que se derivan del experimento de cancelación del tono. El modelo de visión del color más simple es un modelo lineal con una etapa de conos y una transformación opoente: el modelo de Jameson y Hurvich revisitado. Otra proposición: las respuestas de los mecanismos ATD determinan, de alguna manera, los descriptores perceptuales; el problema es que las sensibilidades espectrales de estos mecanismos cambian, entre otras cosas, con la adaptación cromática. Llegados a este punto, deberíamos preguntarnos qué debe saber hacer un modelo que se precie: limitaciones de la colorimetría triestímulo (recordemos lo que pasa cuando aumenta la iluminación o cuando cambiamos el entorno en el que se encuentra un objeto). Por consiguiente, es necesario que un modelo de visión del color incluya no linealidades, y de diferentes clases. Pues si al modelo de Jameson y Hurvich le ponemos alguna no linealidad estática y algún mecanismo de adaptación cromática (no linealidad dinámica), ya tenemos el primer modelo realista de la visión del color (CIELAB). Estrategias para juzgar las prestaciones de un modelo realista: estimación de pares correspondientes, análisis de la uniformidad del espacio perceptual.

#### **Charla.- Reflexiones sobre los mecanismos fisiológicos de la visión del color.**

→Correlación entre las sensibilidades espectrales de los mecanismos perceptuales y las sensibilidades espectrales de las células oponentes y no oponentes de la retina: necesidad de transformaciones adicionales.

→Aunque las células oponentes dobles tienen esencialmente las propiedades que exige la constancia del color, reconocer el color de un objeto requiere de algo más (V4).

## **Unidad IV. Visión espacial.**

**Intro.-** Espectro de frecuencias de una escena visual.

### **Tema 11.- Límites de la visión espacial I. Agudezas e hiperagudezas.**

Tareas de agudeza visual: detección, resolución, reconocimiento, hiperagudezas. Límites impuestos por el sistema óptico. Límites impuestos por los sucesivos muestreos en la retina. Las agudezas visuales y las hiperagudezas se deterioran con la excentricidad, aunque no con la misma rapidez. Sensibilidad vs resolución.

### **Tema 12.- Límites de la visión espacial II. Sensibilidad al contraste.**

Sensibilidad al contraste: la función de sensibilidad al contraste (CSF); CSF vs MTF; CSF descontada la óptica. La CSF bidimensional. Sensibilidad al contraste cromático: CSFs cromáticas.

### **Tema 13.- El SV como un filtro de frecuencias.**

Entendiendo el sistema visual como un filtro único cuya MTF es la CSF. Con un modelo de sistema visual así de simple se pueden hacer predicciones razonables de los umbrales de detección y de algún que otro efecto perceptual.

### **Tema 14.- El SV como un conjunto discreto de filtros.**

Evidencias psicofísicas sobre la existencia de mecanismos sintonizados a frecuencias y orientaciones: funciones de sintonizado. Recubrimiento del dominio frecuencial bidimensional. Proposición: la CSF unidimensional es una envolvente de las funciones de sintonizado en frecuencia y la CSF bidimensional es una envolvente de las funciones de sintonizado en frecuencia y en orientación. Un modelo de sistema visual multicanal sería algo así. ¿Cuáles serían las condiciones de detección y de discriminación en un modelo multicanal de sistema visual?. Muchas cosas se entienden fácilmente con esta clase de modelo, que es todavía bastante simple, por ejemplo, los postefectos de frecuencia y de orientación. A todo esto, estamos pensando las cosas como si el cortex estriado hiciera con una imagen una transformada de Fourier, pero los sensores del cortex estriado no tienen las características que deberían de tener para constituir una base de Fourier, así es que tenemos un problema. Por otra parte, como en los modelos de la visión del color, también en los modelos de la visión espacial es necesario incluir no linealidades, y de diferentes clases. Pues si a un modelo multicanal le ponemos alguna no linealidad estática y algún mecanismo de adaptación a patrones espaciales (no linealidad dinámica), ya tenemos el primer modelo realista de la visión espacial.

## **Charla.- Reflexiones sobre los mecanismos fisiológicos de la visión espacial.**

→Las respuestas en frecuencia de las células del cortex estriado se parecen notablemente a las funciones de sintonizado obtenidas mediante métodos psicofísicos. Asimismo, existe una correlación razonable entre las respuestas no lineales de estas células y la forma de no linealidad que hemos sugerido.

→ Aunque en el cortex estriado parece estar razonablemente bien codificada la información espectral de una imagen, codificar la información espectral no es lo mismo que reconocer un objeto. El reconocimiento de las formas y de los objetos requiere de algo más (IT).

## **Unidad V. Propiedades espacio-temporales del SV y visión del movimiento.**

**Intro.-** Movimiento real, movimiento(s) aparente(s) y otras clases de movimiento.

### **Tema 15.- Límites espacio-temporales de la visión.**

Definición de red espacio-temporal: redes parpadeantes vs redes viajeras: En particular, la frecuencia espacial puede ser cero: la CSF temporal (cromática y acromática). Superficies de detección. CSFs de movimiento. Pero atención: ¿qué es lo que se detecta en el umbral, el patrón temporal o el patrón espacial?. Sensibilidad al contraste a velocidad constante: ¿un mecanismo (temporalmente pasa-baja) para velocidades especialmente bajas y otro (temporalmente pasa-banda) en otro caso, quizás dos mecanismos (temporalmente pasa-banda) para las velocidades medias y altas, o un continuo también en el dominio temporal?.

### **Tema 16.- El sistema visual como un filtro, o un conjunto discreto de filtros, en el dominio espacio-temporal.**

Una escena visual en movimiento se puede describir como un espectro de Fourier en un dominio de frecuencias espaciales y temporales. Por consiguiente, la concepción del sistema visual como un filtro se puede mantener, sin más que asumir que la MTF del filtro es una "bola" en el espacio de frecuencias espaciales y frecuencias temporales: la ventana de visibilidad. El concepto de campo receptivo espacio-temporal permite tratar matemáticamente los problemas de una manera absolutamente equivalente en un dominio de posiciones y tiempos. Una concepción multicanal del sistema visual también es posible en el dominio espacio-temporal; no obstante, recuérdese que existe cierto conflicto con el recubrimiento del dominio frecuencial. La cuestión es que en un sensor "bola" lo relevante es la frecuencia temporal y no la velocidad, así es que, estos sensores no pueden ser los sensores del movimiento.

### **Charla.- Reflexiones sobre los mecanismos fisiológicos para la visión del movimiento.**

→ Las características individuales de las células de V1 son consistentes con las características de los sensores bola, y por lo tanto, de acuerdo con lo que acabamos de discutir, hay que concluir que estas células no son los sensores del movimiento. Hagámonos la siguiente reflexión: ¿responden las células del cortex estriado el movimiento global de los objetos o sólo el de sus componentes espectrales unidimensionales?: las células de MT son necesarias para medir la velocidad de los objetos. Pero, ¿cómo se implementa un mecanismo selectivo para la velocidad a partir de inputs procedentes de mecanismos que son selectivos para la velocidad de los componentes espectrales unidimensionales?.

## **Seminario**

Integración de la información en el sistema visual.