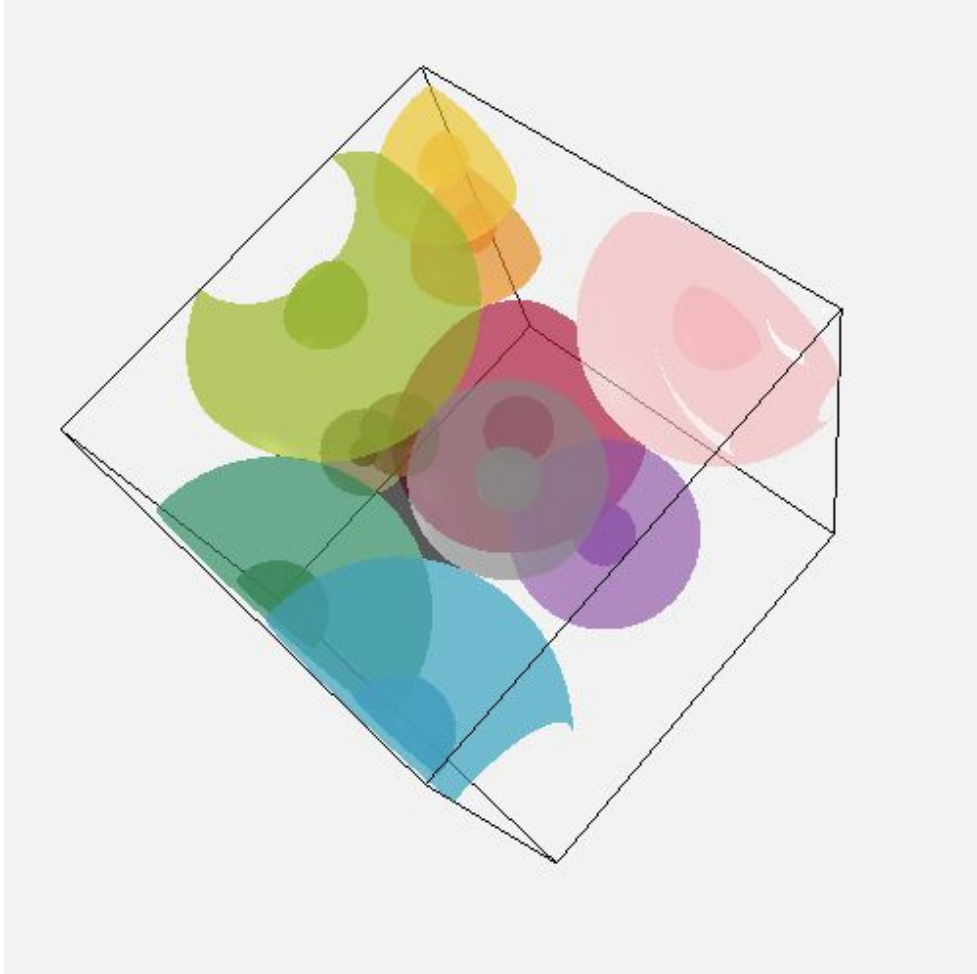


Fuzzy colors



Néstor Rodríguez Vico (nrv23@correo.ugr.es)

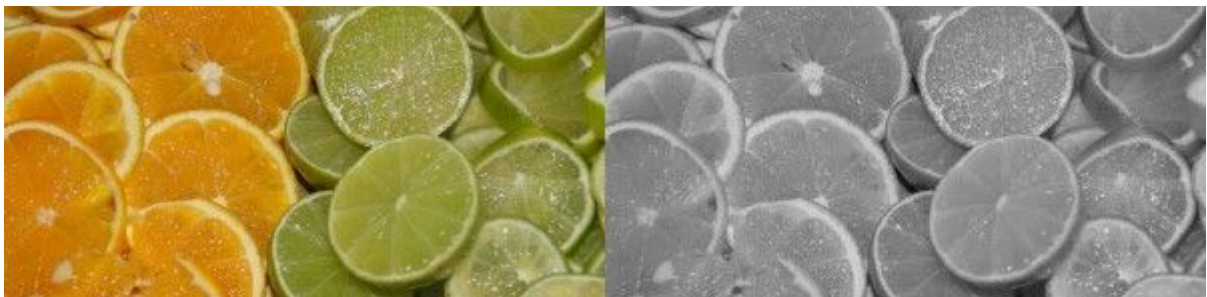
Míriam Mengíbar Rodríguez (mirismr@correo.ugr.es)

Índice.

Colores en visión.	3
Problemas de los colores.	4
Colores difusos.	6
Conclusiones.	9
Bibliografía.	9

Colores en visión.

Hoy en día, uno de los campos más grandes de trabajo e investigación en el mundo de la Inteligencia Artificial es el campo de Visión. Este campo aborda las técnicas y algoritmos necesarios para extraer conocimiento de las imágenes y vídeos. Dentro del mundo de la Visión, una de las informaciones más valiosas que tenemos es el color. Por ejemplo, a continuación podemos ver la misma imagen en color y en blanco y negro. En la imagen de la izquierda (con color), podemos ver claramente la diferencia entre las naranjas y los limones, pero en la imagen de la derecha (imagen en blanco y negro) no es posible diferenciarlos.



Este simple ejemplo nos hace ver la importancia que tienen los colores en el procesamiento de imágenes. La misma idea expuesta en el ejemplo se puede aplicar a cualquier problema de clasificación con imágenes. Por ejemplo, supongamos una central industrial que trabaje con verduras o frutas, podríamos instalar un sistema que nos permita obtener fotografías de los alimentos y detectar automáticamente los alimentos que ya están maduros. En el caso de trabajar con tomates, esto se podría hacer eligiendo los tomates rojos y descartando los verdes. En la siguiente imagen podemos ver un claro ejemplo de esta situación, en la cual nuestro sistema seleccionará los cinco tomates centrales como tomates maduros y los dos de las esquinas inferiores como inmaduros:



Esta misma idea se puede aplicar a cualquier industria que trabaje con colores. Por ejemplo, empresas de estética que trabajan con paletas de colores o empresas de telas, en la cual se puede instalar un sistema automatizado que permita hacer consultas del estilo “¿cuántas unidades de maquillaje de color azul?”, “¿queda tela de color azul?”, “¿de qué color es la tela situada al lado de la tela de color rojo?” ó “¿de que color es esta tela/pintura?”.



Un sistema de estas características permite realizar un inventario de unos grandes almacenes de una manera muy rápida y muy cómoda, simplemente instalando en las instalaciones unas cámaras con un sistema software que lleve una contabilidad del número de elementos (pinturas o telas, por ejemplo) de cada color.

Problemas de los colores.

Los problemas que hemos presentado en el apartado anterior son situaciones que cualquier empresa real puede tener, y es el de distinguir elementos en base a sus colores. En los tres casos comentados, la diferencia entre dos colores es bastante amplia, es decir, podemos identificar sin ningún problema el color en el que estamos interesados. Pero esto no siempre es así. Nosotros mismos, los propios humanos, muchas veces no somos capaces de definir qué es un color.

Si nosotros mismos no somos capaces de definir un color, es imposible que podamos encontrar una representación del color en el que estamos interesados para poder resolver nuestro problema que pueda entender un algoritmo. Supongamos que estamos entrenando un clasificador para el ejemplo de los tomates. Para entrenar dicho clasificador, debemos proveerlo con ejemplos de nuestra clase de interés (tomates maduros) y ejemplos de la otra clase (tomate verde). Pero, ¿qué sucede si tenemos un tomate que no está ni verde ni maduro y, por lo tanto, su color no es ni verde ni rojo? Por ejemplo, ¿qué debería hacer nuestro sistema ante la siguiente situación?



Cómo podemos ver, hay tres tomates claramente maduros (el que se ve cortado y los dos superiores) y dos tomates que, aunque no están verdes del todo, tampoco están maduros. Si decidimos la madurez de un tomate basándonos en su color, deberíamos definir el color rojo. Para un humano, los tres tomates maduros tienen un color “más” rojo que los otros dos. De alguna manera, podríamos atribuir un grado de rojo que nos indique “cuánto rojo es un tomate”. Si hacemos esto, podríamos tener que los tres tomates superiores tienen un grado 1 de ser rojo y los dos tomates inferiores un grado 0.7 (por ejemplo) de ser rojo. En este caso, podríamos adaptar nuestro algoritmos para que sólo decida que un tomate está maduro si supera un cierto grado de ser rojo.

De la misma manera, podemos plantearnos el mismo problema en los otros dos ejemplos comentados. Supongamos que tenemos una empresa donde las pinturas/telas que se manejan son las siguientes:



¿Qué pasa ahora si nos planteamos las mismas preguntas que antes? Por ejemplo, para responder la pregunta “¿cuántas unidades de maquillaje de color azul?” primero debemos decidir qué opciones de las disponibles se consideran rojo. Al igual que hemos hecho con el ejemplo de los tomates, podemos definir un grado que nos indique cuánto de azul es una pieza de maquillaje y poner un umbral para decidir cuáles debemos considerar como azules y cuáles no (el caso del umbral sería un ejemplo, aunque se debatirá en el siguiente apartado cómo definir el cardinal de un conjunto difuso).

Colores difusos.

Una vez entendida la necesidad de definir colores de una forma más parecida a la forma en la que lo hacemos los humanos y adaptable a nuestro problema en cuestión, definamos qué es un color difuso y las características que posee para poder resolver dichos problemas.

En este contexto, un color difuso es una representación de un tipo de color definido y nombrado por personas. Así pues, podemos definir un **color difuso** C como una etiqueta lingüística cuya semántica se representa como un subconjunto difuso normal de colores. La imposición de que un color sea un subconjunto normal se traduce en que existe al menos un **color no difuso** r (o *crisp*, de aquí en adelante) tal que su grado de pertenencia en C es igual a 1. Esto da lugar a que al menos un color *crisp* es plenamente representativo de un color difuso. Esta definición da libertad a la hora de usar distintos espacios de color (por ejemplo RGB o HSV).

Por ahora sabemos que para definir un conjunto difuso tenemos que dar su función de pertenencia. La solución más directa sería especificar todos los grados de pertenencia de cada color o la colección de sus α -cortes (para un número muy alto de valores α), pero esto no es viable puesto que para un color difuso habría que dar muchísimos grados de pertenencia de cada color *crisp* representado. Para ello, existen varias propuestas, pero la que nos ha resultado más interesante es la propuesta en [4], ya que solo habría que dar el grado de pertenencia de algunos elementos o ciertos α -cortes y a partir de ahí podríamos obtener los grados de pertenencia de los colores precisos mediante una interpolación.

También es importante hablar de espacios de colores difusos: son simplemente un conjunto clásico de colores difusos. Esta definición es importante ya que tendremos espacios de colores difusos distintos para cada aplicación, como ilustrábamos en los apartados anteriores. En estos espacios de color difusos, los núcleos¹ de dos colores difusos tendrán intersección vacía.

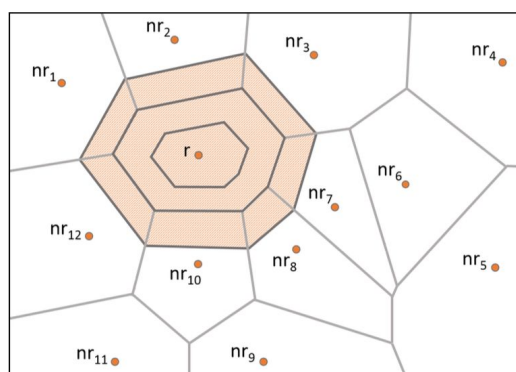
¹ Con núcleo de un color difuso nos referimos a los colores *crisp* con grado de pertenencia igual a 1.

Lo siguiente que necesitamos conocer es cómo aprender estos colores difusos a través de sus α - cortes. Antes de definir los requisitos necesarios para aprender dichos colores difusos, debemos introducir el concepto de teselación de Voronoi. Una teselación de Voronoi es un particionado del espacio en distintas regiones llamadas celdas de Voronoi, una para cada prototipo (un punto representativo de cada tipo de color). Las fronteras de las celdas de Voronoi son puntos del espacio que son equidistantes de dos o más prototipos. Así pues, la idea es hacer difusas las teselaciones de Voronoi de forma que cuánto más nos alejemos de dicho prototipo, menor será el grado de pertenencia del color crisp.

Para ello, y de una forma simplificada para no extender demasiado este trabajo, definamos los requisitos:

- Un color preciso r , el cual sea totalmente representativo del tipo de color, es decir, un color crisp cuyo grado de pertenencia a su color difuso sea igual a 1. A este color crisp le denominamos prototipo positivo. Además, consideramos prototipos negativos como el conjunto de prototipos positivos de otras celdas de Voronoi.
- Un conjunto de volúmenes (V_1, V_2, \dots, V_q) correspondientes a ciertos α -cortes, donde V_1 será el núcleo y V_q es el soporte ².
- Un mecanismo de interpolación para definir la función de pertenencia en base al prototipo positivo y al conjunto de volúmenes que definen los α -cortes.

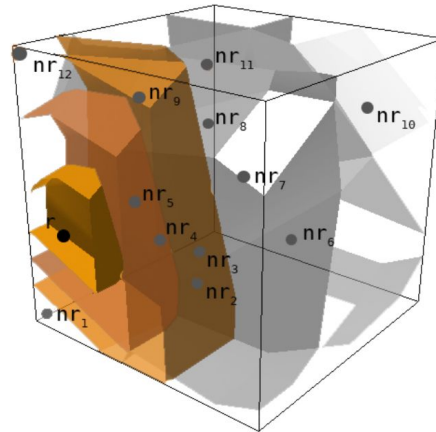
Para esclarecer un poco la explicación anterior observemos la siguiente imagen obtenida de [4]:



Los puntos naranjas se refieren a los prototipos positivos de cada celda (tener en cuenta que el prototipo positivo solo será el de la propia celda y el resto los prototipos negativos de esa celda, extendible a cada una de las celdas de Voronoi de la imagen). Además, concretamente, se muestra la celda de Voronoi para el

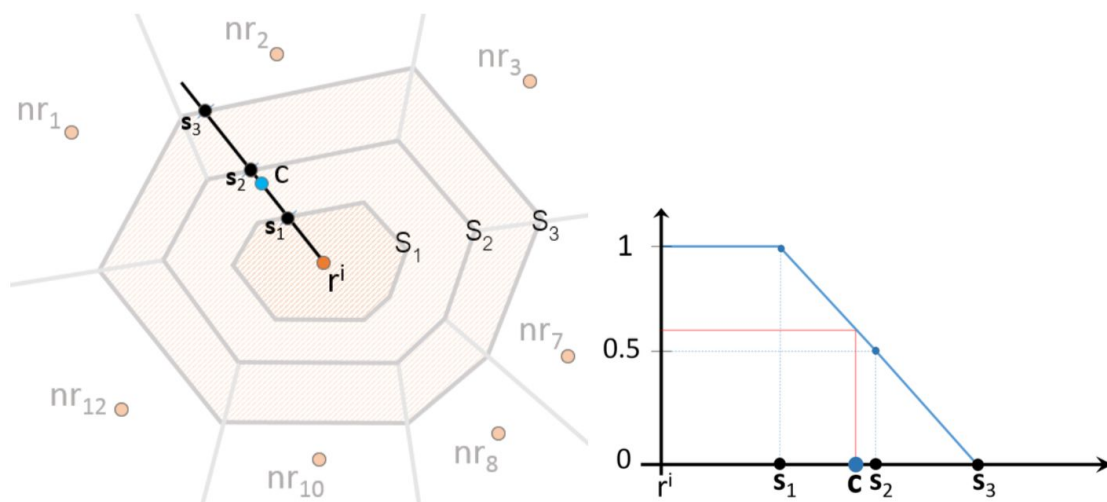
² Con soporte nos referimos al soporte de un conjunto difuso habitual.

prototipo positivo r , donde se muestra su núcleo, su 0.5-corte y el soporte (de dentro para fuera respectivamente). Este ejemplo se muestra en 2D para que se vea más claramente. En 3D tendría una forma similar a la siguiente [4]:



Para obtener los distintos α - cortes, usaremos el conjunto de prototipos positivos y negativos de cada celda, usando factores de escala dependiendo del α - corte a calcular³.

Con esta estructura y con la interpolación lineal, podríamos obtener la función de pertenencia. Veamos de forma gráfica cómo calcular un grado de pertenencia de un color crisp c :



Así pues queda resumida la información de cómo obtener y modelar un color difuso. Para escoger los prototipos positivos de cada celda de Voronoi, se podría obtener unos colores difusos de carácter general usando el sistema ISCC-NBS, donde se establecen una serie de colores. Hay tres niveles de menor a mayor complejidad

³ La formalización de ello se encuentra en [4].

con 13, 31 o 267 tipos de color. También podrían escogerse los prototipos positivos de acuerdo a un problema específico para que se adecue mejor.

Hay que precisar que una celda de Voronoi no es la única geometría para representar un color difuso, también hay otras aproximaciones, por ejemplo esféricas. Esta aproximación en concreto las conocemos ya que trabajamos con el Dr. Jesús Chamorro.

Por último, un problema a resolver sería si quisiéramos hacer un conteo de cuántos colores crisp pertenecen a un color difuso. Esto se traduce en el clásico problema del cardinal de un conjunto difuso. Podríamos optar por establecer un umbral y coger todos los colores crisp que lo superen. Otra aproximación más popular sería el sumatorio de los grados de pertenencia de cada color. Esto plantea el problema de que no representa intuitivamente lo que significa el cardinal de un conjunto (se propone el típico ejemplo de que si tenemos 3 elementos con grado de pertenencia 0.5, 0.5 y 1 el cardinal sería 2, pero ¿cuál de los 0.5 dejamos fuera? ¿cómo sabemos que es justo para uno de los elementos?). Así pues, pensamos que la aproximación más adecuada para nuestro problema sería escoger aquellos colores que tengan un grado de pertenencia lo suficientemente alto para asegurarnos que es el color que buscamos.

Conclusiones.

En este trabajo se pretende exponer cómo la lógica difusa nos ayuda a resolver problemas que son difíciles de plantear desde un punto de vista crisp. Para ello, uno de los problemas más importantes hoy en día está relacionado con la visión: el color.

Con la estructura definida anteriormente para un espacio de color difuso, podríamos representar los problemas planteados en el primer apartado. Por ejemplo, podríamos definir un espacio de color difuso para los distintos tipos de azul que teníamos en la paleta de maquillaje. Vemos como este modelo es adaptable a distintas situaciones resolviendo el problema planteado con conjuntos de colores no difusos, ya que resuelve la problemática de representar distintas tonalidades de color (azul en nuestro ejemplo) y, además, conocer el grado de pertenencia a dicho color.

Bibliografía.

1. J.M. Soto-Hidalgo, J. Chamorro-Martínez, y D. Sánchez, "A new approach for defining a fuzzy color space" en IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2010), 292-297, Barcelona (España), Julio 2010.
2. J.M. Soto-Hidalgo, J. Chamorro-Martínez, P. Martínez-Jiménez, y D. Sánchez, "JFCSTool: A Java Software Tool to Design Fuzzy Color Spaces" en 2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2014), Beijing (China), Julio 2014.
3. Zadeh, L.A, "Fuzzy Sets" en Information and Control, pp. 338-353, 1965.
4. J.M. Soto-Hidalgo, J. Chamorro-Martínez y D. Sánchez, "Desarrollo de modelos difusos para representar la semántica del color". Universidad de Granada (España), 2014.