

VISIÓN POR COMPUTADOR (PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES)

PRÁCTICA 1

TRANSFORMACIONES LINEALES/NO_LINEALES DE LOS NIVELES DE GRIS

OBJETIVOS:

- Creación del entorno de trabajo para cargar, transformar y visualizar imágenes así como otros elementos de información asociados a las mismas.
- Codificar, probar y utilizar operaciones lineales de transformación de los niveles de gris sobre una imagen digital para cambiar la apariencia visual de la misma actuando sobre su brillo y contraste.
- Codificar, probar y utilizar transformaciones no lineales sobre los niveles de gris basadas en la alteración del histograma.

CONSIDERACIONES GENERALES

Abrir/Almacenar imágenes

Las imágenes digitales sobre las que se trabaja normalmente ya se encuentran almacenadas en ficheros. Pueden encontrarse en una amplia variedad de formatos, la mayoría de ellos bastante estandarizados. Para nuestros fines, y puesto que en última instancia consideraremos una imagen digital como un (ó varios) array bidimensional de datos sobre el que aplicaremos diferentes operaciones, será necesario, y como paso previo, cargar la imagen en memoria a partir de su correspondiente fichero.

La aplicación a desarrollar deberá poder abrir y almacenar ficheros de imagen en alguno de estos formatos estándar (lo que facilitará el intercambio entre usuarios y aplicaciones). Se recomienda, con la finalidad de mantener la calidad de la imagen, no hacer uso de formatos que usen algoritmos de compresión con pérdida de información. (Por ejemplo, la flexibilidad de TIFF lo ha convertido casi en un formato universal de intercambio ampliamente usado en un gran número de campos: aplicaciones científicas, documentos, fotografía digital, ...)

Uso de tablas de transformación

Todas aquellas operaciones a aplicar sobre los pixels de la imagen que tienen en consideración sólo su nivel de gris (operaciones de punto) pueden implementarse a través de una LUT (Look Up Table). Elabore en primer lugar la tabla de transformación de niveles de gris y, a continuación, haga uso de ella para obtener la imagen resultante de la operación a aplicar.

Visualización de la imagen de entrada y la de salida

Siempre es conveniente poder visualizar simultáneamente la imagen de entrada y la imagen de salida resultante de la transformación. Es decir, en lugar de modificar la imagen activa "destruyéndola", cree una nueva imagen para el resultado de la operación que se haya aplicado.

Imágenes en color

Si la imagen que se ha abierto fuese en color, se incorporará una opción para transformarla en monocromo o escala de grises. Para ello puede hacer uso de alguna de las dos transformaciones más usuales:

NTSC \rightarrow GRIS = $0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$

PAL \rightarrow GRIS = $0.222 R + 0.707 G + 0.071 B$

Si almacena en cada uno de los planos R,G,B el mismo valor, GRIS, ese pixel se visualizará en gris con menor o mayor luminosidad, dependiendo del lugar que ocupe dentro del intervalo [0, 255].

ROI (Region Of Interest)

En cada momento el usuario deberá disponer de la opción de **selección de una región de interés (ROI), o subimagen**, dentro de la imagen que en ese instante esté activa. Una vez seleccionada, el usuario podrá trabajar con ella como si de una imagen nueva se tratase.

Además de los apartados que a continuación se especifican, se deja al autor de la aplicación la posibilidad de incorporar cuantas mejoras considere oportunas.

APARTADOS A CODIFICAR

1. Información de la imagen

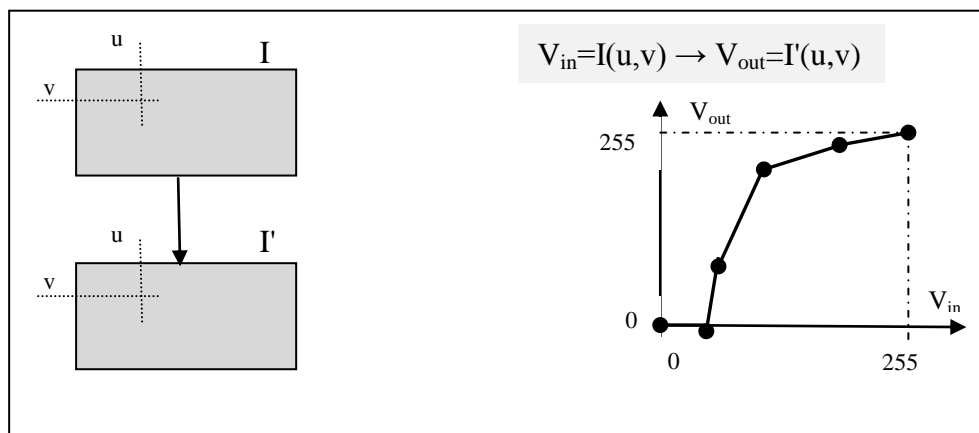
Una vez abierta una imagen se deberá poder acceder a la información elemental relativa a la misma. A continuación se identifican algunos de estos elementos de información.

- Tipo de fichero: bmp, tiff, ...
- Histograma: Posibilidad de visualizar tanto el histograma de valores absolutos como el histograma acumulativo, así como poder obtener información detallada del mismo para cada nivel de gris.
- Tamaño de la imagen: expresado en filas x columnas (ó columnas x filas)
- Rango de valores: Se especificará el intervalo [min, max] correspondiente a los valores mínimo y máximo del rango de grises detectados en la imagen.
- Brillo y contraste: Estos parámetros se estiman numéricamente a partir de la media y desviación típica de los niveles de gris de todos los pixels de la imagen (lo normal es obtenerlos a partir del histograma).
- Entropía
- Posición y nivel de gris: Para cada posición indicada por el ratón al movernos dentro de la imagen se deberán indicar las coordenadas de cada píxel junto a su nivel de gris y/o color.

OPERACIONES LINEALES

2. Transformaciones lineales por tramos

En principio, cualquier transformación a la que se sometan los niveles de gris de una imagen $V_{in} \rightarrow V_{out}$ (con independencia de su ubicación espacial (u,v) , $V_{in}=I(u,v)$, $V_{out}=I'(u,v)$), podrá aproximarse en buena medida mediante un conjunto de tramos lineales. El objetivo de este apartado consiste en obtener, y aplicar, la tabla de transformación de niveles de gris $V_{in} \rightarrow V_{out}$ que se ajuste a la transformación lineal por tramos diseñada por el usuario. Para ello el usuario ha de especificar el número de tramos que componen la transformación, así como las coordenadas de los puntos extremos de cada tramo. Sería recomendable poder visualizar la gráfica de transformación $V_{in} \rightarrow V_{out}$ especificada antes de pasar a aplicarla.



3. Ajuste lineal del brillo y contraste

A partir de los valores conocidos de brillo y contraste para la imagen activa, el usuario ha de especificar los valores que desea para estos mismos parámetros en la imagen resultante. Con estos datos determinará los parámetros A y B de la transformación lineal a aplicar a los niveles de gris, $V_{out} = A * V_{in} + B$, de manera que en la imagen resultante los niveles V_{out} muestren el brillo y contraste deseados.

Aplicar esta transformación con diversos valores para el brillo y contraste finales, analizando los resultados obtenidos.

OPERACIONES NO LINEALES

4. Ecualización del histograma

Implementar un algoritmo de ecualización del histograma de una imagen (por ejemplo el explicado en clase de teoría). Visualizar los correspondientes histogramas (absoluto y acumulativo) tanto para la imagen original como para la obtenida después de la ecualización. Analizar los resultados obtenidos aplicando esta operación no lineal a diversas imágenes (por ejemplo elija imágenes en las que el primer nivel de gris presente en la imagen tenga una ocupación pequeña en el histograma; repita la operación con otra imagen en la que el número de pixels asociados al primer nivel de

gris detectado en la imagen sea considerablemente elevado. Compare y analice los resultados).

5. Especificación del histograma

Se trata de una operación no lineal que se aplica sobre los niveles de gris de una imagen, $V_{in} \rightarrow V_{out}$, de manera que el histograma de la imagen de partida $h(V_{in})$ se transforme en $h(V_{out})$ para la imagen resultante.

La peculiaridad de esta transformación estriba en que la forma que ha de tener $h(V_{out})$ la especifica el usuario. Para facilitar esta tarea al usuario (especificación de $h(V_{out})$) se abrirá una segunda imagen, además de la que se desea transformar. El histograma que posea esta segunda imagen de referencia se tomará como el especificado por el usuario, $h(V_{out})$.

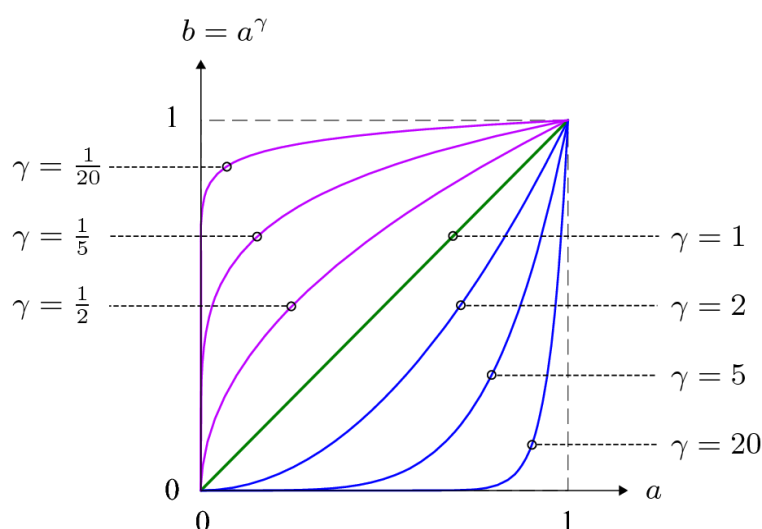
NOTA: Dado que la segunda imagen abierta (aquella cuyo histograma es el que se desea obtener después de transformar la imagen de trabajo) en la mayoría de los casos puede que no sea del mismo tamaño que la imagen primera sobre la que se trabaja, lo habitual es trabajar con los histogramas acumulativos normalizados (valores entre 0 y 1). Recuerde que la idea central empleada en la especificación del histograma radica en "poner en correspondencia los histogramas acumulativos de las dos imágenes implicadas en este proceso".

Para la implementación de esta operación se seguirán los pasos descritos en teoría. Comprobar y analizar los resultados obtenidos al aplicar esta transformación a diferentes imágenes.

6. Corrección Gamma

Implementar la corrección gamma aplicando la siguiente transformación a los niveles de gris V_{in} en la imagen inicial para obtener en la imagen resultante los valores V_{out}

$$V_{out} = f_{\gamma}(V_{in}) = (V_{in})^{\gamma}$$



Si se toma la precaución de normalizar los valores de V_{in} en el intervalo $[0,1]$ antes de aplicar la transformación, los valores resultantes también estarán dentro de este mismo intervalo.

$a = V_{in}/255$	Escalado lineal de V_{in} en el intervalo $[0,1]$ para obtener el valor a
$b = a^\gamma$	Aplicación de la función gamma al valor a para obtener b en $[0,1]$
$V_{out} = b * 255$	Escalado de los valores b a V_{out} en el intervalo permitido $[0,255]$

Además, la función gamma, eligiendo adecuadamente los valores de γ , puede "imitar" adecuadamente tanto a las funciones logaritmo como exponencial.

7. Perfil (Image-Cross Section) (Opcional)

Seleccione con el ratón, o especificando las coordenadas, dos pixels dentro de su imagen.

- Elaborar una gráfica que muestre cómo varía el nivel de gris de todos los pixels que componen el segmento rectilíneo que va desde el píxel de inicio hasta el píxel final (los dos seleccionados por el usuario). En dicha gráfica se representará el nivel de gris (en vertical) frente a la posición (en horizontal) que ocupan todos los pixels (desde el primero hasta el último) que conforman el mencionado segmento rectilíneo. A esta gráfica es a la que se le conoce como perfil a través de ese segmento o "image-cross section".
- Junto a esta función perfil, también se ha de visualizar gráficamente su función derivada. Para ello aproxime la derivada primera, en cada posición, por la diferencia de la función perfil entre la posición siguiente y la posición actual (ó alguna otra aproximación equivalente).
- Repita los dos pasos previos pero sobre el perfil suavizado (una forma sencilla de "suavizar" una función consiste en sustituir el valor de la función en cada punto por la media de sus vecinos inmediatos: 3, 5, 7 vecinos, ...).

8. Simulación de la digitalización de una imagen (Opcional)

En la obtención de la versión digital de una imagen intervienen las etapas de muestreo y cuantización. En este apartado se trata de simular la influencia que, sobre la imagen resultante, ejercen los parámetros de muestreo y cuantización. Para ello, y partiendo de la imagen almacenada en un fichero, **se simularán los dos efectos siguientes:**

- Efectuar el muestreo de la imagen con diferente número de muestras (siempre con un número menor de muestras al que tiene la imagen de partida). Por ejemplo, el tamaño de los "nuevos pixels" podría obtenerse combinando bloques cuadrados de tamaños 2x2, 3x3, 4x4, ... pixels de la imagen original.
- Admitiendo que se parte de imágenes que han sido digitalizadas empleando un conversor A/D de 8 bits, simular el efecto que sobre la imagen final tendría el haberlas cuantizado con un número de niveles correspondiente a 7,6,5,4,3,2,1 bit.

9. Diferencia entre dos imágenes

Se trata de una operación aritmética simple entre dos imágenes I_1 e I_2 . A partir de ellas se generará la imagen diferencia $I_d(p) = I_1(p) - I_2(p)$ para cada píxel p .

Si lo que se desea es **visualizar la imagen I_d** habrá que tener en cuenta que como resultado de la substracción podrán aparecer valores en el rango $[-255, 255]$, que de entrada no son visualizables con 8 bit. Una posible solución a este pequeño inconveniente sería ajustar linealmente este rango al permitido $[0, 255]$. Otra alternativa **(la más recomendable)** consistiría en evaluar, no la diferencia, sino el

valor absoluto de la diferencia $|I_d(p)| = |I_1(p) - I_2(p)|$ cuyo rango de valores si que está dentro del intervalo $[0, 255]$. En este caso se mostrará en pantalla la distribución de valores de $|I_d|$, es decir, su histograma.

Una utilidad simple de esta operación aritmética podría ser la **detección de cambios entre dos imágenes** de una misma escena pero adquiridas con una diferencia temporal entre ellas (p.e. en tareas de vigilancia). Con este objetivo en mente, se desea visualizar I_1 (ó I_2) pero marcando, p.e. en rojo, sobre ella aquellos pixels que han experimentado un cambio notable entre las imágenes I_1 e I_2 . Para ello se puede actuar de la siguiente forma:

- a) Visualizar la distribución de valores de la imagen diferencia $|I_d| = |I_1 - I_2|$ en el rango obtenido $\subset [0, 255]$, es decir su histograma. De esta distribución se observa que los valores de los pixels en I_d que representan cambios sustanciales de brillo entre I_1 e I_2 se posicionan en el extremo derecho de la distribución (con una cierta separación respecto a la media de valores en $|I_d|$), mientras que los niveles de gris de los pixels que no están asociados a cambios significativos tienden a estar agrupados alrededor de la media de la distribución.
- b) A partir de la visualización del histograma anterior efectúe varias elecciones para un valor apropiado de umbral T , de manera que todos aquellos pixels que en la imagen $|I_d|$ muestren un valor menor o igual que T sean considerados como de NO-CAMBIO, mientras que el resto (aquellos que presentan un nivel de gris por encima de T) serán etiquetados como de CAMBIO. Para distinguir a estos últimos de los primeros, márquelos con el color rojo, con lo que tendrá un mapa de cambios.

REFERENCIAS:

- Notas de clase accesibles a través del aula virtual.
- **[BURGER-09] W. BURGER, M.J. BURGE**, Principles of Digital Image Processing. Fundamentals Techniques. Springer, 2009

Capítulo 1: Apartado 1.3 Image Format Files (pag. 12-23)

Capítulo 3: Histograms. Concretamente los apartados 3.1 a 3.3, y el 3.6

Capítulo 4: Point Operations. Especialmente los apartados 4.1, 4.2, 4.5, 4.6 (sin el 4.6.3), 4.7 (sin el 4.7.6), 4.8.