

SISTEMA DE ADQUISICION Y TRATAMIENTO DE IMAGENES

Pablo A. RECARRE, María A. BOSIO
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO UNC
Laprida 854, 5000 Córdoba, Argentina

RESUMEN

Se describe un sistema de adquisición y tratamiento de imágenes en uso actualmente en el Observatorio Astronómico de Córdoba para el análisis de información óptica astronómica.

La tecnología y metodología empleadas en el desarrollo de este sistema son aplicables a distintas áreas como: electromedicina, imágenes satelitales, aplicaciones industriales, etc.

La adquisición de las imágenes se realiza por medio de tres dispositivos: microdensitómetro digital, sensor lineal Reticon, y una cámara de video con sensor de estado sólido, operando las tres unidades asistidas por computadores.

La información adquirida se transfiere a un computador Digital Micro Vax II, en el cual se ha desarrollado el software para el tratamiento de las imágenes. Dicho software permite realizar una serie de operaciones sobre la imagen, como por ejemplo modificación de escala de grises, ecualización de histogramas, ampliación, suavizado, realce de bordes y características, extracción del fondo de cielo, cálculo de isofotas, operaciones aritméticas y lógicas entre imágenes, etc.

ABSTRACT

A system for image acquisition and treatment is described. This system is used at present in the Observatorio Astronomico de Cordoba for the analysis of optical information in Astronomy.

The technology and method employed in the development of this system are applicable to different fields, such as electromedicine, processing of images taken by satellites, industrial image processing, etc.

The image acquisition is carried out by using three devices: digital microdensitometer, a Reticon linear detector and a video camera with solid state detector. All this devices are managed by computers.

The acquired information is transferred to a Digital Micro Vax II computer, in which the image processing software has been developed. This software permits several operations with the images, such as change of grey scales, histogram equalizing, amplifying, smoothing, border heightening, heightening of special characteristics, sky-background extraction, level curves (equal intensity curves), arithmetic and logic operations among images.

INTRODUCCION

La astronomía es una incesante generadora de métodos e ingenios que son transferidos a otras áreas para su utilización práctica. Las técnicas de adquisición y procesamiento de imágenes son un claro ejemplo de ello y han alcanzado un alto grado de desarrollo.

El sistema de adquisición y tratamiento de imágenes del Observatorio Astronómico de Córdoba está formado por un grupo de dispositivos de captación y digitalizado de imágenes, asistidos en todos los casos por ordenadores personales, y un sistema MicroVaxII, en donde se realiza la reducción de los datos. Los desarrollos en software e instrumentales que se presentan han sido realizados con el apoyo económico de CONICET, COMICOR, SECYT, y UNC.

DESARROLLO

Se cuenta con un grupo de instrumentos captadores de imágenes que operan asistidos por computadores personales en forma independiente y comunicados con el VaxII a través de enlaces serie tipo RS 232 C, por los que se envía la información para su tratamiento informático.

El sistema presentado en este trabajo está formado por dos componentes: sensores y software de procesamiento.

CAPTADORES DE IMAGENES

Los dispositivos de sensado de información óptica con que se cuenta son:

- Microdensitómetro digital semiautomático.
- Cámara Reticon de 128, 512 y 1024 canales.
- Digitalizador de señales de video.
- Cámara CCD (Charge Coupled Device).

MICRODENSITOMETRO DIGITAL SEMIAUTOMATICO

A pesar del creciente uso de detectores de estado sólido (CCD, CID, Reticones) es necesario desarrollar sistemas de análisis de placas fotográficas, ya que muchas de las placas ya tomadas contienen información útil que no ha sido analizada. Para que sea posible aplicar las técnicas de PDI a la información contenida en estas placas se hace necesario, en primera instancia proceder a su digitalizado. Esta tarea se realiza con el microdensitómetro digital.

Es un analizador bidimensional de opacidad que mediante un haz de luz que atraviesa la muestra y un fotodetector de estado sólido que se encuentra del otro lado de la misma, obtiene una señal eléctrica medible, función directa de la densidad fotográfica. Sobre la base de un antiguo microfotómetro Hilger-Watts, de fabricación inglesa, se realizaron las siguientes modificaciones, tendientes a modernizar la unidad, respetando parte de la óptica y el chasis del equipo original:

- Cambio de válvulas fotomultiplicadoras por fototransistores trabajando a modo diferencial, con etapa de amplificación.
- Montaje de una unidad de conversión analogo-digital de la señal luminosa.
- Montaje de motores por paso para desplazamientos en dos coordenadas.

El instrumento opera asistido por un computador personal AT, al que el ADC le entrega el dato ya digitalizado en 8 bits y del cual salen los pulsos de actuación de los motores, a través de un puerto de comunicación

desplazamientos dinámico que presenta el pulso de activación de cada FET-compuerta de extracción de carga. El que la carga no deba 'viajar' por otras celdas útiles, como en el caso de los CCD's, evita los ruidos producidos en estos últimos por esta causa.

El chip es sensible a luz y temperatura, por lo que debe ser enfriado para exposiciones largas, las que pueden ir desde minutos a horas. Sé lo enfría con hielo seco a - 65 grados centígrados. El cabezal o cámara es directamente controlado por un circuito dedicado, el cual posee una RAM de 1024 X 8, la que es leída por un computador APPLE II Plus. Este ordenador posee una salida RS 232 y los datos son transferidos finalmente al MicroVAX II para su procesamiento.

El instrumento puede realizar tomas de perfiles en laboratorio o montado en telescopio. El modo de uso más frecuente es como sensor espectroscópico.

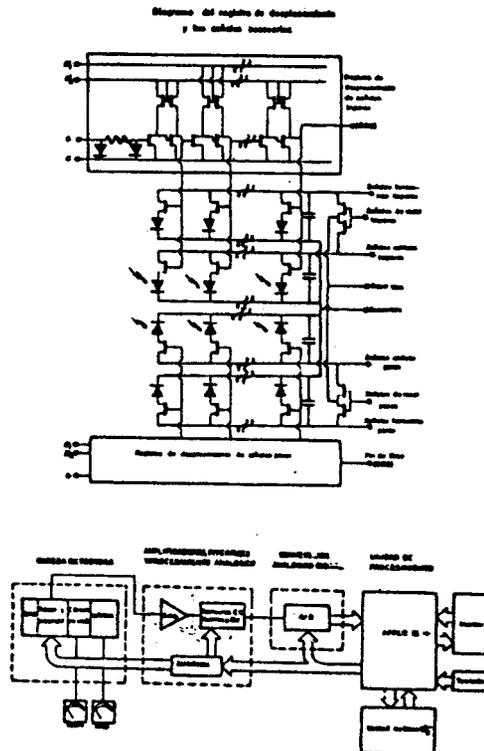


FIGURA No. 2

DIGITALIZADOR DE SEÑALES DE VIDEO

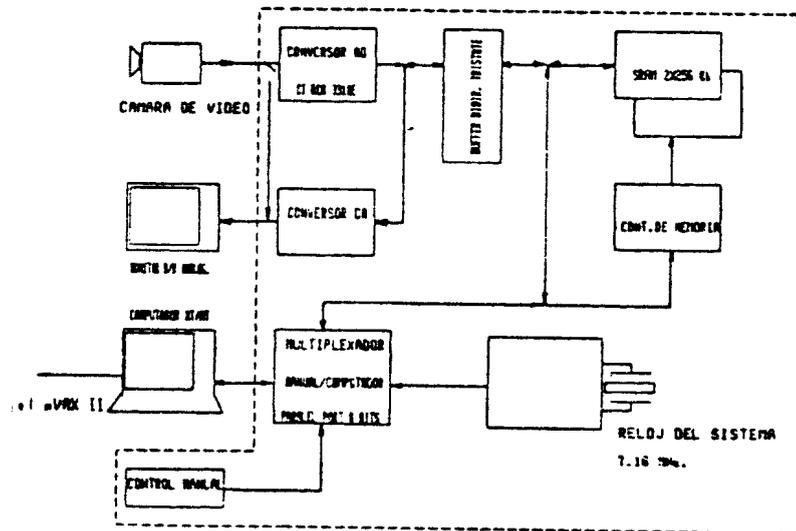
Se trata de un digitalizador de señales entregadas por una videocámara de tipo comercial, que posee numerosas aplicaciones. Tiene algunas ventajas sobre dispositivos similares de tipo comercial, como su muy buena resolución (384 X 485 pixeles), digitalizado a 8 bits de los dos campos de video en 40 milisegundos, operación de memorias rápidas SRAM's; el banco de memoria de imagen de 512 Kb puede ser utilizado como periférico de almacenamiento volátil del PC controlador de la unidad.

Un conversor AD flash convierte la señal de una cámara de video a una frecuencia de 7.16 MHz, aunque puede hacerlo hasta a 15 MHz. El dato de 8 bits es presentado a través de un buffer bidireccional al banco SRAM de 512 Kb, en donde es permanentemente almacenado. La orden de 'congelamiento' cambia el pulso de escritura de memorias a modo lectura, y la información que hasta ese momento se grababa en ellas, es transmitida en sentido opuesto a través del buffer y presentada a través de un DAC a un monitor analógico de salida. (Fig. Nro. 3)

La unidad puede ser comandada manualmente, mediante llaves de su panel frontal, o a través del puerto que la comunica con el computador.

Este equipo es empleado cuando se pretende el digitalizado rápido de imágenes y no se requiere alta calidad o ausencia de ruido.

FIGURA Nro. 3



SISTEMA ADQUISIDOR DE IMAGENES DE VIDEO
CAMARA CCD

Las ventajas de los sensores Charge Coupled Device son: integran cargas

en el tiempo, no requieren revelado de películas, los datos están disponibles en forma digital apenas son obtenidos y necesitan bajas tensiones de alimentación. El principal inconveniente es el pequeño campo que abarcan, debido a su reducido tamaño y su respuesta espectral. No obstante ello, en ambas cuestiones se han alcanzado notables mejoras. Se está trabajando en CCD's con muy buena respuesta en longitudes de onda corta y arreglos de 2000 X 2000.

En el OAC se desarrolla una cámara para ser montada en telescopio, comandada por un PC. El instrumento estará basado en un CCD RCA SID 52501, de 512 X 320 pixeles, con sistema de vacío y enfriamiento.

Ya se ha realizado un prototipo de controlador, en el que se incluyen los circuitos de generación de las fases de activación del chip y las etapas de conversión e interfaces al computador. Actualmente se está trabajando en los problemas de montaje y sistemas auxiliares como los de vacío y enfriamiento.

La adquisición se hace en 8 bits y sin demanda de alta velocidad, aunque se desea trabajar en una resolución no menor a 10 bits.

SOFTWARE

Una imagen digital es un arreglo bidimensional donde cada elemento $I(x,y)$ representa el brillo de un punto de coordenadas x,y . Esta información digital contiene distorsiones producidas por los métodos de captación que pueden ser corregidas mediante procedimientos de cálculo. El procesamiento de la imagen digital, tiene en general como objetivo maximizar la cantidad de información que se obtiene a partir de una placa.

Los ítems a considerar dentro del procesamiento digital de imágenes son:

- Conversión a intensidades.
- Métodos de realce
- Métodos de Filtrado
- Extracción de fondo
- Gráficos
- Operaciones geométricas, aritméticas y lógicas

CONVERSION A INTENSIDADES

La imagen obtenida mediante el barrido de placas fotográficas se llama matriz de densidades. Existe el problema de la respuesta no lineal de la placa, el cual se salva realizando la lectura de una zona de la misma (sensitometría) cuya respuesta es conocida.

La información recogida de la sensitometría se suviza para eliminar ruido y posteriormente se utiliza para calcular la función de transferencia entre los valores medidos y los valores sin distorsión. Para el cálculo se usa el método de mínimos cuadrados y una vez determinado el polinomio de ajuste se lo aplica sobre toda la imagen, obteniéndose así la matriz de intensidades.

METODOS DE REALCE

Transformación de la escala de gris

Consiste en el mapeo directo de los niveles originales en otros más convenientes a fin de enfatizar algunas características de la imagen.

Cada punto de la imagen tiene asignado un nivel de brillo con el cual se lo representa en la pantalla. Existe una limitación en nuestro caso particular, dada por el set de colores de la terminal gráfica. La misma posee solo 16 tonos distintos, mientras que la digitalización se realiza

en 256. Esto produce pérdida de resolución pues los colores de muestra se obtienen en forma lineal a partir de los originales. El sistema permite redefinir la asignación en forma no lineal de manera que mayor cantidad de niveles estén disponibles sobre el objeto, saturando a negro o blanco las zonas de menor interés.

Ecuación de histograma

Este proceso permite una transformación en la imagen original a partir de la modificación de su histograma. El histograma de la imagen contiene información de los objetos en la misma. Variando su forma puede mejorarse la apariencia de la imagen.

Si se supone que la variable z (normalizada entre 0 y 1) define los niveles de gris originales de una imagen, y la variable w define los niveles deseados para la misma, entonces se buscan las transformaciones :

$$w = T(z) \quad [1]$$

donde

$$T(z) \text{ es monótona creciente en } 0 < z < 1 \\ \text{y } 0 < T(z) < 1 \text{ para } 0 < z < 1$$

para obtener en la variable de salida w un ordenamiento coherente con el de la de entrada z .

Si son conocidas la funciones densidad de probabilidad $f_z(z)$ y $f_w(w)$ entonces la función T define una función de variable aleatoria. En la ecuación uniforme el histograma de salida tiene una distribución gaussiana, por lo tanto $f_w(w) = 1$ de donde :

$$w = \int_0^z f_z(r) dr \quad [2]$$

Para el tratamiento digital estos conceptos se formulan en forma discreta y por tanto cada nivel de salida w estará dado por :

$$w = \sum_{k=0}^k n_j / n \quad [3]$$

donde el numerador es la cantidad de veces que la intensidad j aparece en la imagen y n es el número total de puntos. Cuando el histograma resultante no es gaussiano el procedimiento es el siguiente :

- Determinar la función que ecualiza con una distribución uniforme
- Determinar la función densidad de probabilidad deseada y calcular su ecualización uniforme
- Aplicar el mapeo compuesto para obtener los niveles de resultado.

El sistema tiene como opciones las siguientes : ecualización uniforme (histograma de salida gaussiano), ecualización logarítmica (histograma de salida logarítmico), este último tiene la ventaja de compensar la distorsión producida por el ojo, y ecualización no-uniforme (el operador debe dar el histograma de salida esperado).

MÉTODOS DE FILTRADO

Se entiende por filtrado de una imagen un conjunto de operaciones que

modifican el nivel de gris de un punto en función de su nivel original y el de sus vecinos. Las operaciones de filtrado pueden producir dos efectos sobre la imagen original: el suavizado (disminución del ruido) o el realce de características como bordes, bordes direccionales, líneas, etc.

Se define la convolución de dos imágenes $I(x,y)$ y $J(x,y)$ donde $x=0, \dots, M-1$ e $y=0, \dots, N-1$, como otra imagen $H(x,y)$:

$$H(x,y) = 1/(M.N) \sum_0^{M-1} \sum_0^{N-1} I(m,n) \cdot J(x-m,y-n) \quad [4]$$

Puede verse que cada punto p de H es una media ponderada de los puntos de I , donde los pesos están dados por J .

Dado el costo computacional del cálculo de la convolución es necesario tener en cuenta que el aporte de los puntos más alejados es mínimo y por tanto una aproximación satisfactoria se logra calculando la convolución sobre los puntos vecinos del punto de interés. La determinación de las dimensiones de la vecindad de un punto depende la aplicación específica pero en general puede decirse que es óptimo utilizar la vecindad 8. La matriz de pesos o patrón de convolución determina el tipo de filtrado a realizar sobre la imagen original.

Suavizado

Si el patrón de convolución es una matriz de la forma :

$$\begin{matrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{matrix}$$

Al calcular la convolución resultará que el pixel ubicado en la posición central tomará el valor del promedio entre él y los 8 pixeles vecinos. Este es el filtro de media. Su principal inconveniente es que produce un suavizado fuerte y por lo tanto puede producir pérdida de resolución. Para evitar este efecto se utiliza el filtrado no lineal que consiste en realizar el cálculo del nivel correspondiente al pixel central con el filtro de media, si la diferencia entre el nivel obtenido y el original es mayor que un cierto umbral, el pixel se deja con su nivel original, ya que se trata de un borde; de lo contrario el punto se posiciona con el nivel calculado.

Existe otro tipo de suavizado llamado método de mediana. Este tiene la ventaja de disminuir la pérdida de resolución. El algoritmo es el siguiente : se cargan en un vector de 9 elementos los niveles de gris de un punto de la imagen y sus vecinos, se ordena el vector de mayor a menor y se posiciona al pixel en estudio con el nivel que aparece como quinto elemento del vector ordenado; este proceso se repite para cada punto de la imagen.

Realce

El realce de una imagen consiste en enfatizar los bordes de los objetos. Un punto representa un borde si se produce sobre él un cambio brusco de nivel. Los patrones de convolución para el realce de bordes son de tipo diferencial. Los filtros que se usan son de distinta naturaleza y su determinación depende del tipo de característica a enfatizar, a saber:

Realce de bordes direccionales :

El patrón de convolución se determina para enfatizar los bordes de acuerdo a una dirección específica:

Dirección Norte:

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Dirección Este :

$$\begin{matrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Dirección Sur :

$$\begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Dirección Oeste :

$$\begin{matrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{matrix}$$

Realce de bordes no direccionales:

El patrón de convolución realiza los bordes en todas las direcciones. Se tiene :

Vecindad 4 :

$$\begin{matrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{matrix}$$

Vecindad 8 :

$$\begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$$

Laplaciano :

$$\begin{matrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{matrix}$$

Realce de líneas :

El patrón de convolución enfatiza las líneas horizontales y verticales en la imagen :

Líneas verticales :

$$\begin{matrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{matrix}$$

Lineas horizontales :

```
1 1 1
1 0 1
-1 -1 -1
```

EXTRACCION DE FONDO

Una herramienta de interés en el procesamiento de imágenes, y particular en su aplicación en astronomía, es la eliminación del fondo.

Las características del fondo de una imagen dependen de la naturaleza de la misma y del método de captación empleado. El fondo puede representarse como una función de dos variables (las coordenadas x e y de la imagen). Por lo tanto, a partir de los datos de la imagen se determina cuál es la expresión matemática representativa del fondo de cielo. Para este proceso se parte la imagen en dos zonas: una dentro del objeto de estudio y otra fuera. En la zona de "fuera" se realiza un ajuste por mínimos cuadrados para determinar la función que describe el comportamiento del cielo. Esta función se evalúa posteriormente sobre toda la imagen y se resta a la original, resultando así el objeto libre del fondo.

GRAFICOS

Cálculo de perfiles

En el campo del procesamiento de imágenes aplicado a la astronomía es de interés determinar la distribución de los niveles según una dirección de la imagen. El proceso de obtener la gráfica de nivel de gris vs. posición en la imagen se denomina cálculo de perfiles. El sistema realiza el cálculo y gráfico de perfiles bidimensionales en dirección horizontal y vertical y del perfil tridimensional de la imagen completa.

Cálculo de isofotas

El análisis de las curvas de igual intensidad permite obtener parámetros que interesan para el análisis morfológico en el estudio de ciertos objetos. El sistema determina el gráfico de las isofotas sobre la imagen de trabajo, seleccionando las distintas intensidades sucesivamente.

OPERACIONES GEOMETRICAS, ALGEBRAICAS Y LOGICAS

Ampliación de la imagen

La ampliación de una imagen o una de zona de ella tiene por objeto facilitar la observación de detalles. El tamaño de la imagen digitalizada depende directamente del del paso seleccionado en el instrumento al realizar la digitalización. Al calcular la imagen ampliada aparecen puntos que no fueron tomados por el instrumento de medición y por lo tanto sus niveles de gris se desconocen. Para determinarlos se realiza una interpolación bidimensional sobre la imagen.

Operaciones algebraicas y lógicas

Se permite realizar la suma, resta, AND y OR entre dos imágenes y entre una imagen y un nivel fijo.