

Tarea 12

Angel Manrique Pozos Flores; N.C M07211505
Instituto Tecnológico Nacional de México,
Blvd. Industrial, Mesa de Otay, 22430 Tijuana, B.C., México.

10 de abril de 2016

En el presente trabajo se hace una investigación y aplicación de algoritmos desarrollados en la literatura para la detección de esquinas, se presentan 3 trabajos importantes para el área de visión, el primero desarrollado por Beaudet P., Dreschler L. y H. Nagel., y Kitchen L. y A. Rosenfelt. Se recomienda también revisar el trabajo de Trujillo L. y G. Olague para un mejor entendimiento.

1. Introducción

El procesamiento de imágenes es de gran utilidad en la mayoría de las áreas de investigación ya que todo lo que captamos en el mundo la gran mayoría de los datos provienen de nuestros sentidos en especial la vista.

Por ello el estudio de la visión computacional es de gran importancia, el presente trabajo se hace un acercamiento a esta área, utilizando las librerías de visión open source OpenCV y el software libre CodeBlocks el cual se configuró para que pudiera ser capaz de reconocer las librerías de OpenCV.

2. Detección de Esquinas

En 1992 Karl Rohr trató de definir mediante un modelo lo que representa una esquina de la siguiente manera:

Si en una esquina tridimensional al menos dos superficies se encuentran, existirá un borde tridimensional (3-D). Una esquina en una escena 3-D es formada cuando al menos dos bordes se unen mutuamente.

De forma analoga un borde bidimensional se genera cuando al menos dos superficies se intersectan, donde si al menos dos bordes se intersectan en una imagen digital, se genera una esquina bidimensional, por ello el termino esquina puede definirse uniformemente entre 2 y 3 dimensiones donde una esquina sera siempre un subconjunto de los bordes.

Un modelo de esquina debe ser capaz de describir el grupo de atributos que caracterizan una esquina como son: posicion o ubicacion, angulo de apertura, orientacion, la forma que tienen los bordes, la textura que presentan los bordes, contraste, tipo de union y tamaño que presenta.

Estas características pueden ser agrupadas en tres propiedades generales:

- Características morfológicas, estas propiedades son relacionadas al aspecto cualitativo que presentan como lo son la textura, el color y la forma que describen de forma general las características exteriores.
- Características geométricas, estas se relacionan a la forma que presenta la esquina, como un producto de los bordes, estas propiedades describen la ubicación de la esquina con respecto a un sistema coordenado dado.
- Características físicas, estos son los atributos que hacen referencia a las propiedades físicas, como una consecuencia del muestreo de una escena 3D por un sistema digital.

3. Metodos basados en la intensidad de la imagen

Los metodos basados en la intensidad de la imagen operan sobre los valores de intensidad en tonos de gris en una region que pertenece a la imagen, donde la esquina es detectada a partir del calculo de diversas propiedades geométricas de la superficie, basados en los principios de la geometria diferencial.

Estos metodos detectan el punto de esquina a un nivel de pixel, esta limitante provoca que en procesos de mayor nivel, como la calibracion, la precision sea mucho menor en comparacion con el uso de metodos de deteccion de esquinas a nivel subpixel.

La clase de detectores de esquinas que operan directamente sobre la intensidad en la imagen son referidos como detectores de puntos de interes donde estos detectores definen una funcion que opera sobre un vecindario local y extrae una

medida de interes sobre cada pixel de la imagen.

O sea que, se discriminan los puntos mediante un umbral, seleccionando aquellos que tengan un valor mas alto en la medida de interes o arriba del umbral.

4. Operadores

Beaudet P. Propone un operador rotacional invariante que se basa en el calculo del determinante de la matriz Hessiana de una region de la imagen con el fin de encontrar la ubicacion de las esquinas.

$$\Delta(H) = \begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} \\ I_{xy} & I_{yy} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Donde se calcula el operador rotacional invariante y si el valor calculado sobrepasa un umbral definido por el usuario, entonces la esquina se encuentra en las coordenadas de x y y del maximo valor encontrado.

Dreschler L. y H. Nagel proponen un operador que se basa en la curvatura gaussiana principal de una superficie, este modelo se representa mediante la ecuacion 2.

$$K_{DN} = K_{min}K_{max} = \frac{\Delta(H)}{(1 + I_x^2 + I_y^2)} \quad (2)$$

Donde el punto de esquina P_e se localiza en la interseccion de la linea que une a P_a y P_b con la curvatura $K_{min}K_{max} = 0$, donde la curvatura $K_{min}K_{max} = 0$ es la curvatura Gaussiana principal.

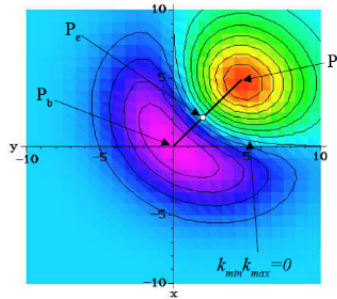


Figura 1: Modelo del detector de Dreschler & Nagel.

Kitchen L. y A. Rosenfeld proponen un detector que esta basado en el cambio de la direccion del gradiente a lo largo del borde que define a una esquina, que se

multiplica por la magnitud del gradiente y el cambio en la magnitud de la dirección del gradiente.

$$K_{KR} = \frac{I_{xx}I_y^2 + I_{yy}I_x^2 - 2I_{xy}I_xI_y}{I_x^2 + I_y^2} \quad (3)$$

Donde I_x, I_y, I_{xx}, I_{yy} representan la primera y segunda derivada y I_{xy} la derivada parcial de $\frac{\delta I_x}{\delta y}$.

Para las pruebas se utilizó la imagen mostrada en la figura 2.

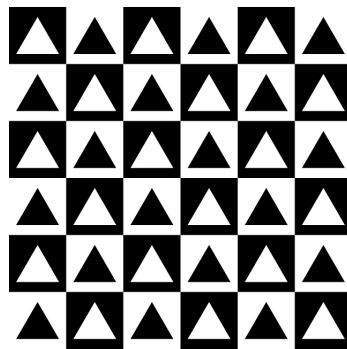


Figura 2: Imagen utilizada para las pruebas de los detectores de esquinas.

Y se desarrolló el siguiente código en C++ utilizando las librerías de visión de OpenCV.

```
#include <opencv2/opencv.hpp>
#include "opencv2/imgproc/imgproc.hpp"
#include "opencv2/highgui/highgui.hpp"
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

using namespace std;
using namespace cv;
//
// /// Global Variables
Mat src, src_gray;
Mat grad;
char* window_name = "Original";
char* window_name_1 = "Hessian Beaudete";
```

```

char* window_name_2 = "Dreschler & Nagel";
char* window_name_3 = "Kitchen & Rosenfelt";

int scale = 1;
int delta = 0;
int ddepth = CV_16S;

int main( int argc , char** argv )
{

    /// Load an image
    src = imread( "chessb.jpg", CV_LOAD_IMAGE_COLOR );
    imshow( window_name, src );

    if( !src.data )
    { return -1; }

    cvtColor( src , src_gray , CV_BGR2GRAY );

    Mat grad_x , grad_y , lapl_x , lapl_y;
    Mat abs_grad_x , abs_grad_y , abs_lapl_x , abs_lapl_y;
    Mat Norm_Hessian_Beaudet;

    /// First Derivate X
    Sobel( src_gray , grad_x , ddepth , 1, 0, 3, scale ,
           delta , BORDER_DEFAULT );
    convertScaleAbs( grad_x , abs_grad_x );

    /// First Derivate Y
    Sobel( src_gray , grad_y , ddepth , 0, 1, 3, scale ,
           delta , BORDER_DEFAULT );
    convertScaleAbs( grad_y , abs_grad_y );

    /// Second Derivate X
    Sobel( src_gray , lapl_x , ddepth , 2, 0, 3, scale ,
           delta , BORDER_DEFAULT );
    convertScaleAbs( lapl_x , abs_lapl_x );

    /// Second Derivate Y
    Sobel( src_gray , lapl_y , ddepth , 0, 2, 3, scale ,

```

```

    delta , BORDER_DEFAULT );
convertScaleAbs( lapl_y , abs_lapl_y );

///Hessian Beaudet
Mat I_XY = abs_grad_x.mul(abs_grad_y); // I_xy
Mat Hessian_Beaudet = abs_lapl_x.mul(abs_lapl_y) -
    I_XY.mul(I_XY); //I_xx * I_yy - (I_xy * I_xy)

// Normalizing
normalize( Hessian_Beaudet , Norm_Hessian_Beaudet , 0,
    255, NORM_MINMAX, CV_32FC1, Mat() );
convertScaleAbs( Hessian_Beaudet ,
    Norm_Hessian_Beaudet );

///Dreschler & Nagel
Mat Norm_Div_1 , Dresh_Naggel , Norm_Dresh_Naggel;

Mat Mul_X = grad_x.mul(grad_x); // X*X
Mat Mul_Y = grad_y.mul(grad_y); //Y*Y
Mat Div_1 = 1 + Mul_X + Mul_Y; // 1 + X^2 + Y^2

normalize( Div_1 , Norm_Div_1 , 0, 255, NORM_MINMAX,
    CV_32FC1, Mat() );
convertScaleAbs( Div_1 , Norm_Div_1 );

divide( Norm_Hessian_Beaudet , Norm_Div_1 ,
    Dresh_Naggel , -1, 1);

// Normalizing
normalize( Dresh_Naggel , Norm_Dresh_Naggel , 0, 255,
    NORM_MINMAX, CV_32FC1, Mat() );
convertScaleAbs( Dresh_Naggel , Norm_Dresh_Naggel );

```

```

/// Kitchen & Rosenfeld
Mat Norm_Div_2 , Norm_Num_1;
Mat Kitchen_Rosen , Norm_Kitchen_Rosen;

Mat Multi_Lapl_xx = abs_lapl_x.mul(Mul_Y);
Mat Multi_Lapl_yy = abs_lapl_y.mul(Mul_X);

Mat Multi_1 = I_XY.mul(grad_x);
Mat Multi_2 = Multi_1.mul(grad_y);
Mat Multi_3 = 2 * (Multi_2);

Mat Numer_1 = Multi_Lapl_xx + Multi_Lapl_yy -
    Multi_3; // Numerator
Mat Divi_2 = Mul_X + Mul_Y;
// Denominator

//Normalizing
normalize( Numer_1 , Norm_Num_1 , 0 , 255 , NORM_MINMAX,
    CV_32FC1 , Mat() );
convertScaleAbs( Numer_1 , Norm_Num_1 );

normalize( Divi_2 , Norm_Div_2 , 0 , 255 , NORM_MINMAX,
    CV_32FC1 , Mat() );
convertScaleAbs( Divi_2 , Norm_Div_2 );

divide(Norm_Num_1 , Norm_Div_2 , Kitchen_Rosen , -1, 1)
;

normalize( Kitchen_Rosen , Norm_Kitchen_Rosen , 0,
    255 , NORM_MINMAX, CV_32FC1 , Mat() );
convertScaleAbs( Kitchen_Rosen , Norm_Kitchen_Rosen )
;

imshow( window_name_1 , Norm_Hessian_Beaudet );
imshow( window_name_2 , Norm_Dresh_Naggel );
imshow( window_name_3 , Norm_Kitchen_Rosen );

```

```
waitKey (0);
return 0;
}
```

Obteniendo para el caso del operador que calcula el determinante del Heasiano desarrollado por Beaudet P., la siguiente imagen.

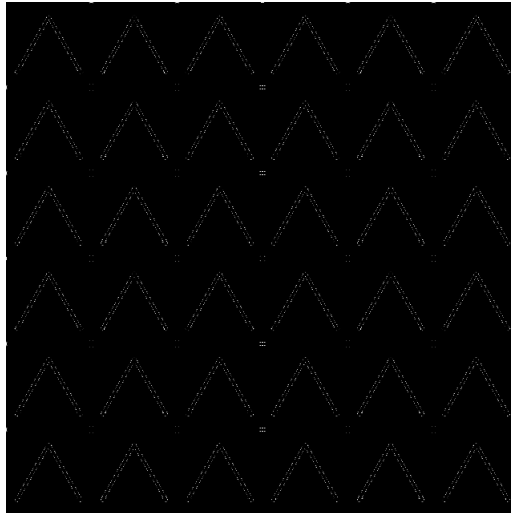


Figura 3: Imagen obtenida al aplicar el operador de Beaudet.

Y para el operador desarrollado por Dreschler L. y H. Nagel se obtuvo la siguiente salida.

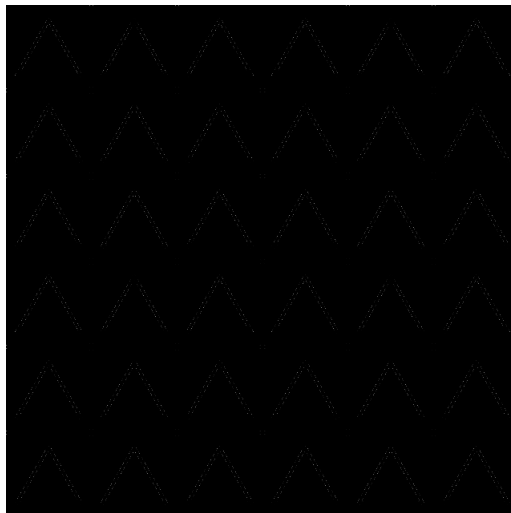


Figura 4: Imagen obtenida al aplicar el operador de Dreschler y Nagel.

Para el caso del operador desarrollado por Kitchen L. y A. Rosenfeld arroja un error, este error al parecer se debe a que estamos tomando o realizando mal algun calculo quiza al momento de implementar la operacion de division, pero decidi agregarlo en el algoritmo en dado caso que alguien quisiera hacer alguna correccion, el operador fue implementado tal cual se muestra en el trabajo de Trujillo L. y G. Olague.

5. Conclusiones

Estos operadores son nuestro primer acercamiento a la deteccion de puntos de interes basado en intensidades, por ello es necesario entender las definiciones vistas en clase como el modelo que representa una esquina y las matematicas que son involucradas para representar la curvatura de una Gaussiana que se utiliza para representar una esquina.

6. Bibliografía

- Beaudet, P. 1978. "Rotationally invariant image operators.". En: "Proc. Of the International Conference on Pattern Recognition.". Noviembre 7-10, Kyoto, Japan, 579-583 p.
- Dreschler, L. y H. Nagel 1982. "On the selection of critical points and local curvature extrema of region boundaries for interframe matching.". En: "In Proc. Of the International conference on Pattern Recognition.". Octubre 19-22, Munich, Germany, 542-544 p.
- Kitchen, L. y A. Rosenfeld 1982. "Gray level corner detection". Pattern Recognition Letters, 1(2):85-102 p.
- Trujillo L. y G. Olague 2008, "Automated Design of Image Operators that Detect Interest Points.". Evol. Comput., Volume 16 Issue 4, Pages 483–507.