

Course CVCis: Computer Vision with C#

Chapter C4: The Simple Recognition Project

Copyright © by V. Miszalok, last update: 13-01-2008

- ↓ [Projekt simple_recogn1](#)
- ↓ [Seitenaufbau, Bildaufbau](#)
- ↓ [Digitize, Threshold, Noise, Clear, Crack Code 8](#)
- ↓ [Erkennen der Ziffern mit Löchern: 0, 8, 6 und 9](#)
- ↓ [Unterscheiden der Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, und 7](#)
- ↓ [Experimente](#)

Projekt simple_recogn1

Main Menu nach dem Start von VS 2005: File -> New Project... ->
 Visual Studio installed templates: Windows Forms Application
 Name: simple_recogn1 -> Location: C:\temp -> Create directory for solution:
 ausschalten -> OK

Sie müssen zwei überflüssige Files löschen: Form1.Designer.cs und Program.cs.
 Löschen Sie außerdem den gesamten Code von Form1.cs.

Seitenaufbau, Bildaufbau

Schreiben in das leere Codefenster Form1.cs folgenden Code:

```
using System;
using System.Drawing;
using System.Windows.Forms;
using System.Collections;

public class Form1 : Form
{ static void Main() { Application.Run( new Form1() ); }
  const Int32 xSize = 11;
  const Int32 ySize = 12;
  Byte[,] i0      = new Byte[ySize ,xSize  ];
  Byte[,] clv     = new Byte[ySize ,xSize+1];
  Brush[] brush   = new Brush[10];
  Brush blackbrush = SystemBrushes.ControlText;
  Brush redbrush  = new SolidBrush( Color.Red );
  Brush bluebrush = new SolidBrush( Color.Blue );
  Pen redpen     = new Pen( Color.Red, 5 );
  Pen whitepen;
  Font arial10   = new Font( "Arial", 10 );
  Font arial20   = new Font( "Arial", 20 );

  Int32 i, x, y, dx, dy;
  Byte threshold = 1;
  Button[] button = new Button[ySize];
  Point p0, p1, start = new Point();
  ArrayList all_crackcodes = new ArrayList();
  struct crackcode
  { public Byte   no;
    public Point start;
    public String cracks;
    public Int32 perimeter, area, xmin, xmax, ymin, ymax;
  }
  Int32 recogn_result;
  Graphics g;
  ArrayList pointArray = new ArrayList();
```

```

public Form1()
{
    BackColor = Color.White;
    Text = "Simple Numeral Recognition";
    SetStyle( ControlStyles.ResizeRedraw, true );
    Width = 800;
    Height = 600;
    for ( i=0; i < 10; i++ )
        brush[i] = new SolidBrush( Color.FromArgb( i*25, i*25, i*25 ) );
    for ( y=0; y < ySize; y++ )
    {
        button[y] = new Button();
        Controls.Add( button[y] );
        button[y].BackColor = Color.Gray;
        button[y].Text = "nothing";
        button[y].Name = y.ToString();
        button[y].Click += new EventHandler( do_it );
    }
    button[0].Name = button[0].Text = "Digitize";
    button[1].Name = button[1].Text = "Crack Code 8";
    button[2].Name = button[2].Text = "Recognize";
    button[3].Name = "Threshold";
    button[4].Name = button[4].Text = "Noise";
    button[5].Name = button[5].Text = "Clear";
    button[3].Text = String.Format( "Threshold={0:#}", threshold );
}

protected override void OnPaint( PaintEventArgs e )
{
    g = e.Graphics;
    String s;
    Rectangle r = ClientRectangle;
    dx = r.Width / (xSize+2);
    dy = ( r.Height - 2 * FontHeight ) / ySize;
    for ( y=0; y < ySize; y++ )
    {
        button[y].Top = y*dy+1;
        button[y].Left = xSize*dx+1;
        button[y].Width = r.Width - button[y].Left - 2;
        button[y].Height = dy-2;
    }

    for ( y=0; y < ySize; y++ )
        for ( x=0; x < xSize; x++ )
            g.FillRectangle( brush[i0[y,x]], x*dx, y*dy, dx, dy );
    if ( all_crackcodes.Count == 0 )
    {
        s = "Draw a 0,1,2,..9 -> Digitize -> Crack Code 8 -> Recognize !";
        g.DrawString( s, arial10, redbrush, (xSize*dx)/4, 0 );
        return;
    }
    for ( i=0; i < all_crackcodes.Count; i++ )
    {
        crackcode c = (crackcode)all_crackcodes[i];
        x = c.start.X;
        y = c.start.Y;
        for ( Int32 ii = 0; ii < c.perimeter; ii++ )
            switch ( c.cracks[ii] )
            {
                case 'e': g.DrawLine( redpen, x*dx, y*dy, (x+1)*dx, y*dy ); x++; break;
                case 's': g.DrawLine( redpen, x*dx, y*dy, x*dx, (y+1)*dy ); y++; break;
                case 'w': g.DrawLine( redpen, x*dx, y*dy, (x-1)*dx, y*dy ); x--; break;
                case 'n': g.DrawLine( redpen, x*dx, y*dy, x*dx, (y-1)*dy ); y--; break;
            }
        g.FillRectangle( bluebrush, x*dx-5, y*dy-5, 11, 11 );
        if ( recogn_result >= 0 ) s = "This is a " + recogn_result.ToString() + ".";
        else s = "I don't know what it is.";
        g.DrawString(s,arial20, redbrush, 0, button[ySize-1].Top + button[ySize-1].Height+2);
    }
}

protected override void OnMouseDown( MouseEventArgs e )
{
    p0.X = e.X;
    p0.Y = e.Y;
    pointArray.Add( p0 );
    whitepen = new Pen( Color.White, dx > dy ? dx : dy );
    whitepen.StartCap = whitepen.EndCap = System.Drawing.Drawing2D.LineCap.Round;
}

```

```

protected override void OnMouseMove( MouseEventArgs e )
{ if ( e.Button == MouseButton.None ) return;
  p1.X = e.X;
  p1.Y = e.Y;
  //Insert an additional point if the distance is too far
  if ( Math.Abs( p1.X - p0.X ) >= dx || Math.Abs( p1.Y - p0.Y ) >= dy )
    pointArray.Add( new Point( (p1.X + p0.X)/2, (p1.Y + p0.Y)/2 ) );
  pointArray.Add( p1 );
  g = this.CreateGraphics();
  g.DrawLine( whitepen, p0, p1 );
  p0 = p1;
}

protected void do_it( object sender, System.EventArgs e )
{
  Invalidate();
} // end of protected void do_it( object sender, System.EventArgs e )
}

```

Klicken Sie Debug -> Start Without Debugging Ctrl F5. Erproben Sie das Zeichnen einer Ziffer 0..9. Kein Button tut etwas.

Digitize, Threshold, Noise, Clear, Crack Code 8

Version2: Beenden Sie Ihr Programm simple_recogn1.

Schreiben Sie folgende Cases in den Event Handler protected void do_it(...), bis er so aussieht:

```

protected void do_it( object sender, System.EventArgs e )
{ switch( ((Button)sender).Name)
  { case "Digitize"://*****
    i0 = new Byte[ySize,xSize];
    for ( i = 0; i < pointArray.Count; i++ )
      { Point vertex = (Point)pointArray[i];
        x = vertex.X / dx;
        y = vertex.Y / dy;
        try { if ( i0[y,x] < 9 ) i0[y,x]++; } catch{};
      }
    all_crackcodes.Clear(); recogn_result = -1; break;
  case "Threshold"://*****
    if ( ++threshold > 9 ) threshold = 1;
    button[3].Text = "Threshold=" + threshold.ToString();
    all_crackcodes.Clear(); recogn_result = -1; break;
  case "Noise"://*****
    Random random = new Random();
    for ( y=0; y < ySize; y++ )
      for ( x=0; x < xSize; x++ )
        { Int32 noise = random.Next() % 3 - 1;//gives -1 or 0 or +1
          noise += i0[y,x]);//add former gray value
          if (noise < 0) i0[y,x] = 0;
          else if (noise > 9) i0[y,x] = 9;
          else i0[y,x] = (Byte)noise;
        }
    all_crackcodes.Clear(); recogn_result = -1; break;
  case "Clear"://*****
    for ( y=0; y < ySize; y++ )
      for ( x=0; x < xSize; x++ ) i0[y,x] = 0;
    threshold = 1; button[3].Text = "Threshold=1";
    all_crackcodes.Clear(); pointArray.Clear(); recogn_result = -1; break;
  case "Crack Code 8": crackcode_finder(); break;
  } // end of cases, end of switch
  Invalidate();
} // end of protected void do_it( object sender, System.EventArgs e )

```

Schreiben Sie folgende zwei privaten Unterprogramme unterhalb von `protected void do_it(object sender, System.EventArgs e)`, aber noch vor die letzte Klammer, die `public class Form1` abschließt:

```
private void crackcode_finder()
{
    all_crackcodes.Clear();
    for ( y=0; y < ySize; y++ )
        for ( x=0; x <= xSize; x++ ) clv[y,x] = 0;
    start.X = start.Y = 0;
    for ( Byte cc_no = 1; start_crack_search(); cc_no++ )
    {
        crackcode cc = new crackcode();
        System.Text.StringBuilder cracks = new System.Text.StringBuilder();
        cc.start = start; cracks.Append('s'); cc.area = 0; cc.no = cc_no;
        x = cc.xmin = cc.xmax = start.X;
        cc.ymin = start.Y;
        y = cc.ymax = start.Y+1;
        Char last_crack = 's';
        do
        {
            switch ( last_crack )
            {
                case 'e': if ( x == xSize ) goto n;
                        if ( y < ySize && i0[y ,x ] >= threshold) goto s;
                        if ( i0[y-1,x ] >= threshold) goto e; goto n;
                case 's': if ( y == ySize ) goto e;
                        if ( x > 0 && i0[y ,x-1] >= threshold) goto w;
                        if ( i0[y ,x ] >= threshold) goto s; goto e;
                case 'w': if ( x == 0 ) goto s;
                        if ( y > 0 && i0[y-1,x-1] >= threshold) goto n;
                        if ( i0[y ,x-1] >= threshold) goto w; goto s;
                case 'n': if ( y == 0 ) goto w;
                        if ( x < xSize && i0[y-1,x ] >= threshold) goto e;
                        if ( i0[y-1,x-1] >= threshold) goto n; goto w;
            }
            e: last_crack = 'e'; cracks.Append( 'e' ); x++; cc.area += y;
               if ( x > cc.xmax) cc.xmax = x; continue;
            s: last_crack = 's'; cracks.Append( 's' ); y++; clv[y-1,x] = cc_no;
               if ( y > cc.ymax) cc.ymax = y; continue;
            w: last_crack = 'w'; cracks.Append( 'w' ); x--; cc.area -= y;
               if ( x < cc.xmin ) cc.xmin = x; continue;
            n: last_crack = 'n'; cracks.Append( 'n' ); y--; clv[y ,x] = cc_no;
               if ( y < cc.ymin ) cc.ymin = y; continue;
        } while ( x != start.X || y != start.Y ); //end of do
        cc.cracks = cracks.ToString();
        cc.perimeter = cc.cracks.Length;
        all_crackcodes.Add( cc );
    } // end of for
}

private Boolean start_crack_search()
{
    Byte left;
    for ( y=start.Y; y < ySize; y++ )
        for ( x=0; x < xSize; x++ )
        {
            if ( x > 0 ) left = i0[y,x-1]; else left = 0;
            if ( left < threshold && i0[y,x] >= threshold && clv[y,x] == 0 )
                { start.X = x; start.Y = y; clv[y,x] = 1; return true; }
        }
    return false;
}
}
```

Klicken Sie Debug -> Start Without Debugging Ctrl F5. Malen Sie eine Ziffer 0..9 und erproben Sie die Buttons Digitize, Crack Code 8, Threshold, Noise und Clear. Der Button Recognize tut noch nichts.

Erkennen der Ziffern mit Löchern: 0, 8, 6 und 9

Version3: Beenden Sie Ihr Programm `simple_recogn1`.

Schreiben Sie folgenden neuen Case unterhalb des letzten `break`; von case "Crack Code 8": im Event Handler `protected void do_it(...)`, aber noch vor der Zeile `} // end of cases, end of switch`:

```

case "Recognize":
    if ( all_crackcodes.Count == 0 ) { recogn_result = -1; Invalidate(); break; }
    ArrayList shape_crackcodes = new ArrayList();
    Int32 area = 0, index_biggest_cc = 0;
    for ( i=0; i < all_crackcodes.Count; i++ )
    { crackcode c = (crackcode)all_crackcodes[i];
      if ( c.area > area ) { area = c.area; index_biggest_cc = i; }
    }
    shape_crackcodes.Add(all_crackcodes[index_biggest_cc]);
    for ( i=0; i < all_crackcodes.Count; i++ )
    { crackcode c = (crackcode)all_crackcodes[i];
      if ( c.area < 0 )
      { Int32 count = 0;
        for ( x=c.start.X+1; x < xSize; x++ )
          if ( clv[c.start.Y,x] == index_biggest_cc+1 ) count++;
        if ( count%2 == 1 ) shape_crackcodes.Add( all_crackcodes[i] );
      }
    }
    all_crackcodes.Clear();
    for ( i=0; i < shape_crackcodes.Count; i++ )
      all_crackcodes.Add( shape_crackcodes[i] );
    shape_crackcodes.Clear();
    if ( all_crackcodes.Count > 3 ) { recogn_result = -1; break; }
    if ( all_crackcodes.Count == 3 ) { recogn_result = 8; break; }
    crackcode cc = (crackcode)all_crackcodes[0];
    if ( all_crackcodes.Count == 2 )
    { crackcode ci = (crackcode)all_crackcodes[1];
      Single sdx = (Single)(cc.xmax+cc.xmin)/2.0f - (Single)(ci.xmax+ci.xmin)/2.0f;
      Single sdy = (Single)(cc.ymax+cc.ymin)/2.0f - (Single)(ci.ymax+ci.ymin)/2.0f;
      Single distance = (Single)Math.Sqrt( sdx*sdx - sdy*sdy );
      if ( distance < (cc.ymax-cc.ymin)/5.0f ) { recogn_result = 0; break; }
      if ( sdy < 0.0f ) recogn_result = 6; else recogn_result = 9; break;
    }
    break;

```

Klicken Sie `Debug -> Start Without Debugging Ctrl F5`. Erproben Sie `simple_recogn1`, indem Sie eine der Ziffern 0, 8, 6 oder 9 zeichnen und `Digitize` dann `Crack Code 8` und dann `Recognize` drücken (Die Reihenfolge ist wichtig!). Achten Sie sorgfältig darauf, dass 0, 6 und 9 eine geschlossene Innenkontur haben müssen und dass die 8 zwei davon haben muss. Irgendwelche Zeichen ohne Innenkontur werden nicht erkannt.

Erarbeiten Sie sich die Logik der Speicherung der Crack Codes in Form der `struct crackcode` und der `ArrayList all_crackcodes`.

Unterscheiden der Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, und 7

Version4: Beenden Sie Ihr Programm `simple_recogn1`.

Löschen Sie im Case Recognize die Zeile `break;` (vor der Zeile `} // end of cases, end of switch`) und schreiben statt dieser gelöschten Zeile folgenden Code:

```
//one crack code only
if ( (cc.ymax-cc.ymin) > 3*(cc.xmax-cc.xmin) ) { recogn_result = 1; break; }
Single thickness_top=0, thickness_mid=0, thickness_bottom=0;
Int32 one_third = (3*cc.ymin + cc.ymax-cc.ymin)/3;
Int32 two_third = (3*one_third + cc.ymax-cc.ymin)/3;
Int32 left=0, right=0, n_top=0, n_mid=0, n_bottom=0;
for ( y=cc.ymin; y < cc.ymax; y++ )
{ for ( x=cc.xmin; x < cc.xmax; x++ )
  if ( clv[y,x] == cc.no ) { left = x; break; }
  for ( x=cc.xmax; x >= cc.xmin; x-- )
    if ( clv[y,x] == cc.no ) { right = x; break; }
  if ( y < one_third ) { thickness_top += right-left; n_top++; } else
  if ( y <= two_third ) { thickness_mid += right-left; n_mid++; } else
    { thickness_bottom += right-left; n_bottom++; }
}
if ( n_top <= 0 || n_mid <= 0 || n_bottom <= 0 ) { recogn_result = -1; break; }
thickness_top /= n_top;
thickness_mid /= n_mid;
thickness_bottom /= n_bottom;
if ( thickness_bottom < 2f )
  if ( thickness_top > thickness_mid ) { recogn_result = 7; break; }
  else { recogn_result = 4; break; }
if ( thickness_mid < 2f ) { recogn_result = 2; break; }
//The following decision between 3 and 5 is based on vector graphics !
//When both start & end points are at the left side -> 3 otherwise -> 5
Int32 startx = ((Point)pointArray[0]).X;
Int32 endx = ((Point)pointArray[pointArray.Count-1]).X;
Int32 minx = startx, maxx = startx;
for ( i=1; i < pointArray.Count; i++ )
{ if ( ((Point)pointArray[i]).X < minx ) minx = ((Point)pointArray[i]).X;
  if ( ((Point)pointArray[i]).X > maxx ) maxx = ((Point)pointArray[i]).X;
}
if ( Math.Abs(endx-startx) < (maxx-minx)/3 )
  { recogn_result = 3; break; }
else
  { recogn_result = 5; break; }
```

Klicken Sie Debug -> Start Without Debugging Ctrl F5. Erproben Sie `simple_recogn1`, indem Sie eine der Ziffern 0 bis 9 zeichnen und Digitize dann Crack Code 8 und dann Recognize drücken (Die Reihenfolge ist wichtig!). Wenn eine Ziffer erkannt wurde, dann mit Clear löschen und die nächste zeichnen.

Experimente

(1) Führen Sie das Programm in die Irre, indem Sie die kleinen Buchstaben a, b, c, d usw. malen. Ein Teil dieser Buchstaben wird als Ziffern erkannt. Setzen Sie einen Breakpoint auf die Zeile 175 in `protected void do_it(object sender, EventArgs e)` im Case Recognize. Die Zeile heißt: `if (all_crackcodes.Count == 2)`. dann starten Sie das Programm mit F5 (=Start im Debugging Mode), zeichnen Sie , drücken die Buttons Digitize, Crack Code 8 und Recognize. Das Programm wird an dieser Zeile stoppen und die Zeile gelb markieren. Drücken sie nun F11 und das Programm wird die nächste Zeile ausführen. Drücken Sie weiter F11, bis eine Ziffer erkannt wird. Dann untersuchen Sie die Erkennungsbedingung. Beenden Sie den Debugger mit Shift F5. Versuchen Sie die Erkennungsbedingung so zu ändern, dass eine Fehlerkennung unterbleibt.

Aber Vorsicht: Meistens hat das üble Konsequenzen bei anderen Ziffern, die nicht gemeint sind. Jedenfalls sollten Sie versuchen, die Erkennung intelligenter zu machen, auch wenn das zunächst ins Chaos führt.

(2) Fügen Sie eine Erkennung für ein Kreuz X hinzu, welches bisher als eine 3 missdeutet wird. Vorschlag: Wenn Sie ein X erkennen, melden Sie das X als `recogn_result = 10` und fangen sie diesen Wert ab am Ende von `protected override void OnPaint(PaintEventArgs e)` vor der Zeile `if (recogn_result >= 0) s = "This is a " + recogn_result.ToString() + ".";`