

基于 Gauss 消元法的车牌图像变形矫正

谢志鹏, 陈锻生

(华侨大学 计算机科学系, 福建 泉州 362021)

摘要: 车辆牌照识别是智能交通系统的重要组成部分, 而车牌图像的分割定位与字符提取是车牌识别系统的关键步骤, 定位提取效果直接决定了车牌识别系统的工作效率。斜向拍摄的车牌图像存在着透视变形, 该情况下直接进行车牌旋转不能有效地矫正, 必须进行变形矫正才能准确地提取出各个牌照字符。文中利用双线性空间映射来矫正变形车牌图像, 采用高斯消元法来计算该映射方程组的解, 从而较好地解决了车牌透视变形的矫正问题, 提高了车牌图像变形矫正的运算精度与速度。

关键词: 双线性; 变形矫正; 高斯消元

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1005-3751(2006)01-0099-03

Distortion Rectification of Car Plate Image Based on Gauss Elimination Method

XIE Zhi-peng, CHEN Duan-sheng

(Computer Science Department, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Car license plate recognition is the important component of intelligent transportation system, the segmentation and location of car plate image and character extraction is the key procedure of this recognition system, the location and extraction effect immediately decide the efficiency of recognition system. Perspective distortion exists on the car license plate photograph taken in a skew angle, under such situation direct rotation can't effectively rectify the distorted plate image, hence the distortion rectification procedure is required to precisely extract the plate character. This paper uses bilinear space mapping to rectify the distorted car plate image, applying Gauss elimination method to calculate the solution of mapping equations, thus resolve the problem of rectifying the perspective distortion of car plate, improve the precision rate and speed of distortion calibrating procedure.

Key words: bilinear; distortion rectification; Gauss elimination

0 前言

车牌识别系统是智能交通的子系统, 它包括车牌定位分割^[1-3]、字符提取与字符识别。在标定并提取车牌区域后, 往往需要对车牌进行旋转^[4]或变形矫正, 将拍摄的车牌图像恢复成正视的车牌图像, 以便进行后续的单个车牌字符的提取与识别工作。一般来说, 在正面拍摄的车牌图像中, 存在着车牌旋转的现象, 只需将其进行顺时针或逆时针的旋转就能实现矫正。而侧面俯视角度拍摄的车牌则存在着透视变形^[5]的问题, 见图1的上半图, 这种变形问题不能用简单的旋转来矫正。

因此, 文中采用双线性的空间变换方法, 将变形的四边形映射矫正为矩形, 得到车牌的正面图像, 见图1的下半图, 以便后续的字符分割与识别工作。

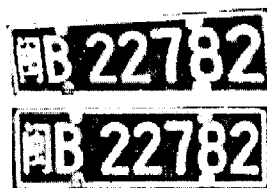


图1 车牌的变形矫正

1 图像矫正与映射

1.1 图像向后映射法

设 $g(x, y)$ 表示无失真的原始图像, $f(x', y')$ 是对应的畸变图像, 这一几何失真过程可以表示为 $g(x, y) = f(x', y')$ 。这说明在图像中本来应该出现在 (x, y) 处的灰度值 $g(x, y)$ 由于几何失真而出现在点 (x', y') 上。这种失真的复原问题可以用向后映射变换来解决, 其复原处理过程如下:

- 1) 将畸变图像 $f(x', y')$ 作为输入, 原始无失真图像 $g(x, y)$ 作为输出。
- 2) 对于 $g(x, y)$ 中的每一点 (x, y) , 根据双线性映射

收稿日期: 2005-04-17

作者简介: 谢志鹏(1972—), 男, 福建人, 讲师, 硕士, 研究方向为图像图形、人工智能、模式识别与机器学习。

计算出它在 $f(x', y')$ 中的对应点 (x', y') 。

3) 畸变图像 $f(x', y')$ 中的对应点 (x', y') 通常是浮点坐标, 可以使用最近邻插值法, 即采用四舍五入的方法, 取它的整型坐标值 $([x'], [y'])$, 也可以采用双线性插值, 根据点 (x', y') 所在的单元格的 4 个顶点坐标来算出它的灰度值。

1.2 双线性映射矫正

如图 2 所示, $F[1], F[2], F[3], F[4]$ 为畸变车牌图像的 4 个顶点。 $G[1], G[2], G[3], G[4]$ 为矫正还原图像的 4 个顶点。 $f(x, y)$ 表示畸变车牌图像, $g(x, y)$ 表示还原图像。

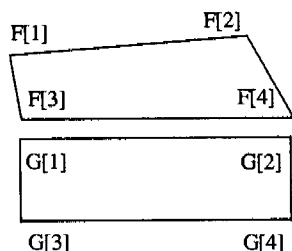


图 2 双线性空间映射

$g(x, y) = f(x', y') = f[A(x, y), B(x, y)] = f(ax + by + cxy + d, ex + fy + gxy + h)$, 此公式即为双线性空间映射的表达式。

设 $F[1], F[2], F[3], F[4]$ 坐标为 $(u[1], v[1]), (u[2], v[2]), (u[3], v[3]), (u[4], v[4])$ 。

$G[1], G[2], G[3], G[4]$ 坐标为 $(x[1], y[1]), (x[2], y[2]), (x[3], y[3]), (x[4], y[4])$ 。

根据双线性映射表达式, 对 $G[i]$ 到 $F[i]$ 的双线性映射是:

$$x[i] = a * u[i] + b * v[i] + c * u[i] * v[i] + d;$$

$$y[i] = e * u[i] + f * v[i] + g * u[i] * v[i] + h;$$

其中 $i = 1, 2, 3, 4$, 表示对应的 4 个顶点。

已知 $F[i]$ 和 $G[i]$ 的坐标, 即 $(u[i], v[i])$ 与 $(x[i], y[i])$, 因此有

映射方程组(1):

$$x[1] = a * u[1] + b * v[1] + c * u[1] * v[1] + d;$$

$$x[2] = a * u[2] + b * v[2] + c * u[2] * v[2] + d;$$

$$x[3] = a * u[3] + b * v[3] + c * u[3] * v[3] + d;$$

$$x[4] = a * u[4] + b * v[4] + c * u[4] * v[4] + d$$

为 a, b, c, d 的线性方程组, 可以求出映射系数 a, b, c, d 。

映射方程组(2):

$$y[1] = e * u[1] + f * v[1] + g * u[1] * v[1] + h;$$

$$y[2] = e * u[2] + f * v[2] + g * u[2] * v[2] + h;$$

$$y[3] = e * u[3] + f * v[3] + g * u[3] * v[3] + h;$$

$$y[4] = e * u[4] + f * v[4] + g * u[4] * v[4] + h$$

为 e, f, g, h 的线性方程组, 可求出映射系数 e, f, g, h 。求出 a, b, c, d, e, f, g, h 后, 双线性映射的映射系数即确定了, 对待输出的无失真图像中的任一点 (x, y) 的灰度值

$g(x, y)$, 可以映射为输入的畸变图像中的对应点 (x', y') 的灰度值 $f(ax + by + cxy + d, ex + fy + gxy + h)$ 。

2 映射方程组的求解

上述双线性空间映射为 2 个线性方程组, 映射系数 (a, b, c, d) 与 (e, f, g, h) 为映射方程组(1)与(2)的两组解, 待矫正的变形四边形与矫正后的矩形的 4 个顶点为 2 个方程组的系数。因此车牌图像的变形矫正就转化为求解上述 2 个线性方程组的解。

线性方程组的计算机求解^[6]一般不采用克莱姆法则, 因为 n 阶行列式有 $n!$ 项, 每 1 项是 n 个数的乘积, 计算量随着 n 的增加呈级数增长。线性方程组的计算机算法使用另外两种方法: 直接法和迭代法。直接法包括高斯消去法、选主元消去法、三角分解法等。迭代法包括雅可比迭代、高斯-塞德尔迭代、松弛法等。直接法可以预先估计计算的工作量, 应用广泛。迭代法使用极限过程来逐步逼近线性方程组的精确解, 算法简单, 但存在收敛性与收敛快慢的问题。文中采用了全选主元高斯消去法来求该双线性变换方程组的解, 避免了主元为零或绝对值太小而使消元过程无法进行的情况, 之后采用了双线性的灰度插值法, 准确而快速地解决了车牌图像的变形矫正问题。

3 全选主元高斯消去法

设 n 阶线性方程组 $AX = B$, 其中 A 为 n 阶系数矩阵, X 为解向量, B 为增广向量。

$$\text{系数矩阵 } A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix},$$

$$\text{增广向量 } B = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \quad \text{解向量 } X = [x_1 \quad \cdots \quad x_n]$$

全选主元高斯消去法的求解过程包括消元、回代和解的次序调整 3 个过程。

3.1 消元过程

因为 n 阶方程组需消去 $n-1$ 个变量, 所以对于 K 从 1 到 $n-1$ 进行如下 3 步操作。

1) 选主元:

从系数矩阵 A 的第 k 行、第 k 列开始的右下角子阵中选取绝对值最大的元素, 并通过行交换与列交换, 将它交换到当前的主元位置上。

2) 将主元所在行归一化 ($j = k+1, \dots, n$)。

3) 消元:

消去第 $k+1$ 行到 n 行的第 k 个未知数

$$a_{ij} = a_{ij} - a_{ik}a_{kj}, j = k+1, \dots, n$$

$$b_i = b_i - a_{ik}b_k, i = k+1, \dots, n$$

3.2 回代过程

$$x_n = b_n / a_{nn}$$

$$x_i = b_i - \sum_{j=i+1}^n a_{ij}x_j, i = n-1, \dots, 1, 0$$

最后对解向量中的元素顺序进行调整。

4 全选主元高斯消去法的程序设计

//方程组的数据结构

typedef double * dp;

BOOL Gauss(dp pCoef, dp pConst, int n)

{该线性方程组为 n 阶

系数矩阵指针为 pCoef,

增广向量指针为 pConst;

解向量存放在增广向量 pConst 中

//消元 n-1 次, n 阶方程组消去 n-1 个变量

for (k=0; k<=n-2; k++)

{ d=0.0;

//消元步骤 1:选主元

for (i=k; i<=n-1; i++)

{for (j=k; j<=n-1; j++)

{ //选出 k 行 k 列右下角子阵中

//绝对值最大的元素为主元 d

//记录主元所在行号 main_ele_row 与列号 main_ele_col

[k]

t=fabs(pCoef[i*n+j]);

if (t>d)

{d=t; main_ele_col[k]=j;

main_ele_row=i;}

}}

if (d == 0.0) //求解失败

return FALSE;

else

{//交换主元所在列 main_ele_col[k] 和第 k 列

if (main_ele_col[k] != k)

{for (i=0; i<=n-1; i++)

{ p=i*n+k; q=i*n+main_ele_col[k];

t=pCoef[p]; pCoef[p]=pCoef[q];

pCoef[q]=t;

}}

//交换主元所在行 main_ele_row 和第 k 行

if (main_ele_row != k)

{ for (j=k; j<=n-1; j++)

{ p=k*n+j; q=main_ele_row*n+j;

t=pCoef[p]; pCoef[p]=pCoef[q];

pCoef[q]=t;}

//交换 main_ele_row 行和第 k 行增广系数

t=pConst[k]; pConst[k]=pConst[main_ele_row];

pConst[main_ele_row]=t;

}}

d=pCoef[k*n+k]; //第 k 行 k 列主元

//消元步骤 2:归一化

for (j=k+1; j<=n-1; j++)

{ p=k*n+j;

//将第 k 行除以主元,主元变 1

pCoef[p]=pCoef[p]/d;}

pConst[k]=pConst[k]/d; //增广系数

//消元步骤 3:消去第 k 个主元

for (i=k+1; i<=n-1; i++)

{ //消去第 k+1 行到 n 行的第 k 个

未知数(消去第 k 个主元)

for (j=k+1; j<=n-1; j++)

{ p=i*n+j;

//消元

pCoef[p]=pCoef[p]-pCoef[i*n+k]*

pCoef[k*n+j];

}

//更新对应对应的增广系数

pConst[i]=pConst[i]-pCoef[i*n+k]*

pConst[k]; }

d=pCoef[(n-1)*n+n-1];

//求出第 n 个未知数 Xn= pConst[n-1]

pConst[n-1]=pConst[n-1]/d;

//回代过程

for (i=n-2; i>=0; i--)

{ t=0.0;

//求出第 n-1 到第 1 个解 Xn-1 和 X1

存放在 pConst[i] 中

for (j=i+1; j<=n-1; j++)

t=t+pCoef[i*n+j]*pConst[j];

pConst[i]=pConst[i]-t; }

//调整解的顺序

//全选主元的列交换,导致解的顺序交换

//在选主元过程中,主元所在列 main_ele_col[k] 和第 k 列

的元素交换过了,因此交换第 main_ele_col[k] 与第 k 个解

main_ele_col[n-1]=n-1;

for (k=n-1; k>=0; k--)

{ if (main_ele_col[k] != k)

{ t=pConst[k]; pConst[k]=pConst[main_ele_col[k];

pConst[main_ele_col[k]]=t;

}}

//清理内存

delete[] main_ele_col;

return TRUE;}

5 插值

由上文可知,原始无失真图像的点 (x, y) 经双线性映射为畸变图像的点 (x', y') , 而 (x', y') 通常为浮点坐标,因此可以采用四舍五入取整的最近邻插值,或者采用双线性插值。双线性插值公式如下:

$$f(x, y) = [f(1, 0) - f(0, 0)]x + [f(0, 1) - f(0, 0)]y + [f(1, 1) + f(0, 0) - f(0, 1) - f(1, 0)]xy + f(0, 0)$$

其中 x 与 y 为 (x', y') 在其单位正方形内的小数值, $f(0, 0), f(0, 1), f(1, 0), f(1, 1)$ 为该正方形 4 个顶点的灰度值。当然也可以采用高阶插值,文中不再叙述。

(下转第 105 页)

此时的语法分析工作就是检查中间文档的结构是否良好,文档是否符合在文档类型定义(DTD)中的规范。

再以南京某数控有限公司的 NC 程序为例:当 NC 程序中缺少 M03(主轴正转)时,又或是 M03 与 M20(主轴停)次序颠倒时,XML 文档中一定会出现 `</cut>` 或 `</cut> < cut>` 这样的结构不完整或结构错误。这种结构上的错误可以完全依赖 XML 语法分析器检查出来。

3.3.3 基于 XML 文档的代码译码子模块

上述语法分析器实为一个校验语法分析器,通过分析文档一定是有效的、有着严格数据结构的 XML 文档。代码译码工作就是把 XML 数据中各种信息分离出来,转化为轨迹点存储到轨迹点数组中。基于 XML 文档的代码译码工作机制与传统的代码译码相同,二者的区别仅在于前者所采用的源文件已经是统一的 XML 文档,后者则是用户直接提交的 NC 程序。其后的刀轨生成子模块也可完全沿用传统 NC 代码解析中的相应子模块。

文中分别采用 FANUC 与 SIEMENS 两种不同格式的 NC 代码对同一零件进行加工仿真,通过验证得到了预期的效果,两种情况下模拟加工的过程和结果完全相同,如图 5 所示。

4 结束语

文中着重介绍了 XML 技术在 NC 代码解析中的应用,其关键又在如何将用户提交的 NC 程序转换成为 XML 文档。而将 XML 技术引入到数控仿真系统中的意义还在于它为实现基于网络服务的数控仿真服务系统提供了

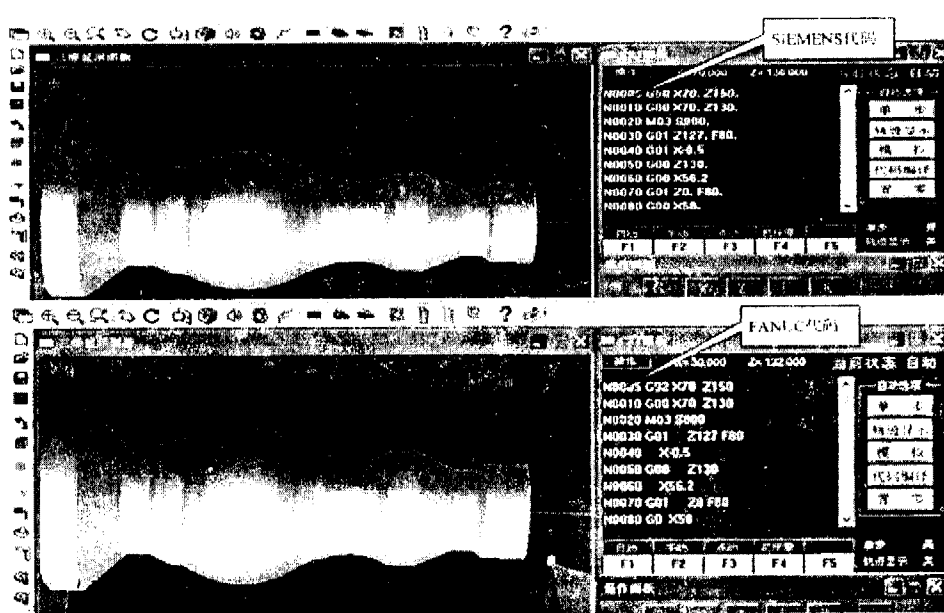


图 5 FANUC 代码与 SIEMENS 代码模拟加工结果对比

可行的方案。在文中所述应用的基础之上,再将系统其它模块的输入输出信息均采用 XML 文档格式表示,为实现网络仿真服务系统提供了应用基础,很好地解决了通过集成本地系统服务来构建仿真系统带来的系统和外部交互性差、开发周期长、重构性差等问题^[5]。

参考文献:

- [1] 李宏胜. 数控原理与系统[M]. 北京:机械工业出版社, 1998.
- [2] Goldfarb C F, Prescod P. XML 实用技术[M]. 张利译. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [3] Harold E R, Means W S. XML 技术手册[M]. 孔小玲译. 北京:中国电力出版社, 2001.
- [4] 方沂. 数控机床编程与操作[M]. 北京:国防工业出版社, 1999.
- [5] Zoo J, Chen Y P, Zhou Z D. Building Open CNC Systems with Software IC Chips Based on Software Reuse[M]. [s. l.]: Springer Press, 2000.

(上接第 101 页)

6 小结

文中就车牌侧视的几何变形问题进行了探讨,利用双线性映射将变形的车牌图像还原为正视的矩形车牌图像,采用了全选主元高斯消元法来求该双线性变换方程组的解,准确而快速地解决了车牌图像的变形矫正问题。

参考文献:

- [1] 陈锻生, 谢志鹏. 复杂背景下彩色图像车牌提取与字符分割技术[J]. 小型微型计算机系统, 2002, 23(9): 1144 -

1146.

- [2] 屈磊, 王年, 吴冠勇, 等. 基于色彩饱和度和字符特征的汽车牌照定位[J]. 微机发展, 2003, 13(9): 6 - 7.
- [3] 段震, 姚芳兵, 张铃. 基于构造性学习方法的车牌定位[J]. 微机发展, 2004, 14(8): 41 - 42.
- [4] 曲新亮, 魏守水, 杜洋. 一种基于 Gabor 小波变换的图像倾斜矫正算法[J]. 微机发展, 2004, 14(11): 19 - 20.
- [5] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 北京:电子工业出版社, 2001. 330 - 332.
- [6] 廖晓钟, 赖汝. 科学与工程计算[M]. 北京:国防工业出版社, 2003. 69 - 88.