

一种计算机视觉识别硬皮甜瓜瓜蒂的新方法^①

A New Algorithm for Recognizing Stem of Melon with Computer Vision

张建华¹ 王书志² 冯全¹ (1.甘肃农业大学 工学院 甘肃 兰州 730070;

2.西北民族大学 电气工程学院 甘肃 兰州 730030)

摘要: 针对 CVC 法识别率不高和收缩膨胀法速度慢,提出了一种新的识别甜瓜瓜蒂方法。该方法提出了连续凹点组概念,并通过计算每个连续凹点组中曲率最大点相互之间相隔链码长度和欧氏距离的比值识别瓜蒂。用该算法分别对四种类型瓜蒂甜瓜和无瓜蒂甜瓜图片进行实验,并与其它两种算法进行了比较,实验结果表明:该方法更加有效、快速,具有很好的鲁棒性。

关键词: 计算机视觉 甜瓜瓜蒂 曲率 比值

近年来,国内外的学者利用计算机视觉技术在水果分级中进行大量的研究,其中,水果果梗识别是重要研究课题。水果的方向对于计算机是未知的,如果找出果梗的位置,就可以确定水果果轴的方向,进而展开果形及果径的判别工作。此外,果梗与缺陷在图像中通常很相近,如果二者混淆将会影响整个系统的判别精度。具有代表性的果梗识别方法主要有: N Sarkar^[1]采用收缩膨胀算法判断是否有果梗存在,此算法反复对图像进行收缩直至果梗消失,然后再对图像进行相同次数的膨胀处理,从而得到无果梗的图像,优点是识别率高,但速度较慢处理时间长,不适合实时处理。R R Wolfe^[2]提出 CVC 法,计算水果轮廓曲线上每个像素的 K 曲率,根据每个点的曲率决定该点的凹凸性,在水果的轮廓上寻找凹-凸-凹结构即(CVC 结构)确定果梗的位置,优点是速度快,缺点是果梗识别率低。

1 图像采集系统

本图像采集系统包括计算机;外形尺寸为 700mm×700mm×700mm 塑料板制成的光照箱,光照箱的上端面中间有直径为 60mm 的孔用于摄像,箱体内部表面为白色以提高图像的对比度;由四个 100W 白炽灯组成的光源,多个白炽灯组成的光源以

减少阴影;加拿大 MATROX Meteor II 型图像采集卡,具有外触发功能可以动态地捕获目标图像;甜瓜输送采用皮带传动,皮带轮直径 450mm。

2 预处理

预处理共五个部分:快速中值滤波、直方图均衡化、背景分割、图像二值化、轮廓提取。其中背景分割采用全局阈值分割法,即: $g(x, y) = \begin{cases} 255 & f(x, y) \leq T \\ f(x, y) & \text{其他} \end{cases}$, 轮廓提取采用 Sobel 算法提取甜瓜轮廓。Sobel 边缘算子^[3]图 1 所示的两个卷积核形成了图像中的每个点都用这两个核做卷积,一个核对垂直边缘响应最大而另一个对水平边缘响应最大,两个卷积的最大值作为该点的输出值。

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

图 1 Sobel 算子

3 瓜蒂识别算法

瓜蒂识别算法分四步进行:轮廓跟踪,判断凹点、检测连续凹点组、瓜蒂底部与瓜体轮廓相交点的判别。

^① 基金项目:西北民族大学中青年科研基金(X2007-008)

收稿时间:2008-11-02

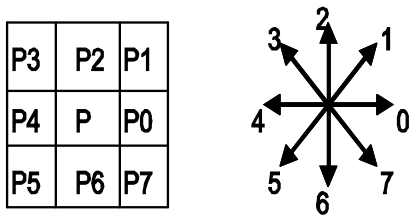


图 2 点 P 的八邻域和方向码

第一步：轮廓跟踪。首先找到位于物体区域左上角的一个边界点，把该点 P 作为搜索起点，按方向码逆时针方向，自上而下、从左至右，搜索其八邻域如图 1 所示，找到下一边界点，然后以此边界点为当前点继续搜索，这一搜索过程不断重复下去，直至回到搜索起点。把搜索到的边界点依次保存起来就得到边界点序列，把各个边界点在上一边界点八邻域内的方向码保存起来就得到物体的方向链码。轮廓曲线就表示为一条数字化封闭曲线即： $\{P(0), P(1), P(2) \dots P(n-1)\}$ 。

第二步：判断凹凸点。轮廓跟踪后会得到甜瓜的边界链码和链码的起始坐标，根据链码和起始坐标得到甜瓜轮廓上每个点的坐标，再采用 K-曲率判别凹点。K-曲率是通过前后相隔 K 个点到该点的斜率转换的角度之差进而估算该点的曲率，曲率的正负判断该点的凹凸性，曲率的大小表示该点弯曲程度，一般 K 的取值在 3-7 能得到较好的效果(本实验中 K 取 5)，在轮廓点 $P(i-5)$ 、 $P(i)$ 、 $P(i+5)$ 坐标，代入公式(1)、(2)、(3)、(4) 得和 A_i ，如 $a_i < 0$ 且 $A_i > T_0$ ，则 i 是凹点， T_0 为预设阈值，实验中发现阈值 T_0 取 0.5 效果较好。因为甜瓜轮廓曲线是封闭的，计算前 4 个点曲率时需绕到链码尾部取值。

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{y_{i+5} - y_i}{x_{i+5} - x_i}\right) \quad -\pi \leq \theta_1 \leq \pi \quad (1)$$

$$\theta_2 = \arctan\left(\frac{y_i - y_{i-5}}{x_i - x_{i-5}}\right) \quad -\pi \leq \theta_2 \leq \pi \quad (2)$$

$$\alpha_i = \theta_1 - \theta_2 \quad (3)$$

$$A_i = |\theta_1 - \theta_2| \quad (4)$$

式中： $(x_i, y_i), (x_{i-5}, y_{i-5}), (x_{i+5}, y_{i+5})$ ——分别是点 $P(i-5)$ 、 $P(i)$ 、 $P(i+5)$ 在图像中的坐标；

- θ_1 ——点 $P(i+5)$ 到点 $P(i)$ 的连线与 X 轴的夹角；
- θ_2 ——点 $P(i)$ 到点 $P(i-5)$ 的连线与 X 轴的夹角；
- α_i ——点 $P(i)$ 的凹凸性；
- A_i ——点 $P(i)$ 曲率的大小。

第三步：检测连续凹点组。根据实验统计，在瓜蒂与瓜体连接部分会存在至少 3 个连续的凹点(即凹点与凹点之间没有非凹点存在)，因此在轮廓上查找至少 3 个连续的凹点，并把这些凹点视为一个整体存于数组中称为连续凹点组，数目小于 3 的连续凹点则被认为是噪声点不予处理，能有效的抑制了噪声的影响，统计连续凹点组的个数 n。

第四步：瓜蒂底部与瓜体轮廓相交点的判别。首先判断连续凹点组个数 n，当 $n < 2$ 则认为没有瓜蒂或瓜蒂已检测；当 $n \geq 2$ 时需计算连续凹点组中曲率最大凹点的链码长度和欧几里德距离的比值，任意两个连续凹点组 $i, j (i, j \in n)$ 中的曲率最大凹点代入公式(5)、(6)、(7)、(8) 计算出比值 λ ，由于甜瓜轮廓曲线是闭和的，需要判断当前两个连续凹点组 i, j 中的曲率最大凹点累积链码之差以确定两凹点相隔链码长度，引入临时变量 N_{tmp} ，当 N_{tmp} 小于甜瓜整个链码长度的一半 $N/2$ 则两凹点相隔链码长度为 N_{tmp} ，反之为 $N - N_{tmp}$ ，比较所有 λ 并找出最大值，用黑线连接使 λ 最大的两个凹点，并把两点间的轮廓曲线变成背景颜色即白色。

由于受噪声和瓜蒂形状的影响，在识别 T 型和 L 型甜瓜时进行一次计算有时不能完全识别瓜蒂，需多次调用该算法直到检测不出 2 个及 2 个以上的凹点组结束，最后用黑色种子填充整个瓜体部分，新算法流程图见图 3。

$$N_{tmp} = |N_i - N_j| \quad (5)$$

$$N_{ij} = \begin{cases} N1 & , N_{tmp} \leq \frac{N}{2} \\ N - N1 & , N_{tmp} > \frac{N}{2} \end{cases} \quad (6)$$

$$L = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{N_{ij}}{L} \quad (8)$$

式中: N_i ——连续凹点组 i 中最大曲率点累计链码长度;

N_j ——连续凹点组 j 中最大曲率点累计链码长度;

N_{ij} ——连续凹点组 i 中最大曲率点与连续凹点组 j 中最大曲率点相隔链码长度;

N ——整个甜瓜轮廓链码长度;

L ——连续凹点组 i 中最大曲率点与连续凹点组 j 中最大曲率点间欧氏距离;

x_i, y_i ——连续凹点组 i 中最大曲率点图像中坐标;

x_j, y_j ——连续凹点组 j 中最大曲率点图像中坐标;

λ ——连续凹点组 i, j 中最大曲率点相互间链码长度和欧氏距离长度的比值;

N_{tmp} ——临时变量。

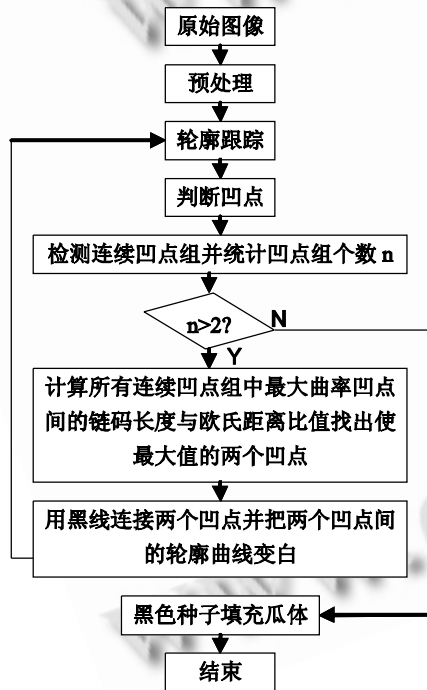


图 3 新算法流程图

4 实验结果与分析

4.1 新算法识别不同类型瓜蒂甜瓜实验结果

市场上挑选‘金红宝’硬皮甜瓜进行实验, 该甜瓜瓜蒂可分为四种: T型瓜蒂、L型瓜蒂、细长型瓜蒂和粗短型瓜蒂, 在 VC++6.0 平台上实现本文的算法, 分别选取四种瓜蒂甜瓜测试图各一张如图 4, 新算法

识别结果如图 5。识别结果表明: 结构复杂的 T型和 L型瓜蒂和结构相对简单的细长型和粗短型瓜蒂, 该算法都能识别出瓜蒂。

选取该四种类型瓜蒂甜瓜各 25 张图片和 20 张无瓜蒂甜瓜, 总计 120 张甜瓜图片新算法识别瓜蒂实验结果列于表 1。从表 1 结果中 T型瓜蒂甜瓜有 2 个未识别出, 其中一个由于瓜蒂干枯失去水分而整体发生了弯曲, 轮廓跟踪时与瓜体轮廓融为一体无法计算出轮廓上连续凹点组而无法识别, 另一个原因是瓜蒂太长在获取甜瓜图片时瓜蒂恰好压住了瓜蒂大部分面积, 无法得到全部瓜蒂信息而漏识; 识别 L型瓜蒂甜瓜一个错误, 同于第一个 T型瓜蒂识别错误的原因; 粗短型瓜蒂甜瓜一个错误是因为瓜蒂太短, 轮廓没有明显凹曲部分, 漏识。

表 1 新算法识别瓜蒂实验结果

各类型瓜蒂	样本数	识别数	识别率(%)
T型瓜蒂	25	23	92%
L型瓜蒂	25	24	95%
细长型瓜蒂	25	25	100%
粗短型瓜蒂	25	24	95%
无瓜蒂	20	20	100%



图 4 四种类型甜瓜瓜蒂原图



(a) T型瓜蒂甜瓜 (b) L型瓜蒂甜瓜 (c) 细长型瓜蒂甜瓜 (d) 粗短型瓜蒂甜瓜

图 5 四种类型甜瓜瓜蒂新算法识别结果

4.2 不同算法识别瓜蒂实验结果

为了比较本算法的性能, 在 VC++6.0 平台上实现常用的两种方法即收缩膨胀法和 CVC 法, 其中收缩

膨胀法即先调用 20 收缩次再调用 20 次膨胀, CVC 法采用反复检测 CVC 结构直到未找到 CVC 结构结束, 选取甜瓜 50 幅进行比较, 每幅获取的甜瓜图片大小为 640×480 像素。

从实验结果分析, 如表 2 所示虽然新算法和 CVC 法都通过曲率计算判别凹凸点, 但因 CVC 法在处理凸点和凹点比较多的 T 型和 L 型瓜蒂时重复的次数明显多于新算法, 所以新算法较 CVC 法平均处理时间短。相比之下收缩膨胀法因反复调用收缩和膨胀算法平均处理时间明显多于新算法和 CVC 法, 是这两种算法的 6-8 倍。在瓜蒂识别率方面由于采用了曲率计算容易受噪声影响新算法瓜蒂识别时略低于收缩膨胀法, 但新算法识别率高于 CVC 法; CVC 算法在进行识别时受噪声影响有时只存在一个结构简单的瓜蒂却找出多个 CVC 结构, 有时瓜蒂存在却一个 CVC 结构找不到。

表 2 各算法瓜蒂识别率和识别时间

算法名称	识别率(%)	平均处理时间(s)
新算法	94%	0.1
收缩膨胀法	98%	4.93
CVC 法	78%	0.12

5 结论

该算法提出了连续凹点组概念, 并通过连续凹点组中曲率最大点之间相隔链码长度和欧氏距离比值计算识别瓜蒂。用该算法在不同类型的瓜蒂识别率都在 92% 以上, 同时还进行了新算法与收缩膨胀法和 CVC 法在瓜蒂识别率和处理时间上的比较研究, 结果表明新算法瓜蒂识别率比 CVC 法提高了 16%, 处理速度比收缩膨胀法提高了 6-8 倍, 满足实时处理的要求。

参考文献

- 1 Sarkar N, Rowlfe R. Feature extraction techniques for sorting tomatoes by computer vision. Transactions of the ASAE, 1985,28(3):970 - 974.
- 2 Wolfe RR, Sandler WE. An algorithm for detection using digital image analysis. Transactions of the ASAE, 1985,28(2):641 - 644.
- 3 Gonzal R, Woods R. Digital image proccssing. Boston Addison Wesley, 1992:414 - 428.
- 4 Freeman H. Computer Processing of Line-drawing Image. Computing Surveys, 1974,1(6):57 - 97.
- 5 冯全,肖媛媛,苏菲,等.基于指纹的可撤销 Fuzzy vault 方案.计算机应用, 2008,28(7):1816 - 1818.