

牛肉大理石花纹分级系统软件设计

杨伟龙, 彭彦昆, 江发潮, 汤修映*, 郭辉, 周彤

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: **目的** 运用机器视觉技术, 开发牛肉大理石花纹自动检测系统。**方法** 该软件设计以 VC++6.0 为开发工具, 首先从牛肉大理石花纹检测系统人机界面着手, 通过对 CCD 相机的控制, 得到大理石花纹图像, 并最终用图像处理的方法得到牛肉大理石花纹的分级结果。**结果** 该软件运行效率高, 对牛肉大理石花纹的分级准确率达到 87.5%。**结论** 该系统可以满足企业实际需要。

关键词: 牛肉大理石花纹; 快速检测; 分级; 程序设计

Software design of marbling grades system for beef

YANG Wei-Long, PENG Yan-Kun, JIANG Fa-Chao, TANG Xiu-Ying*, GUO Hui, ZHOU Tong

(College of Engineering, China Agriculture University, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: Objective To develop an automatic detection system of marbling grades for beef based on machine vision technique. **Methods** The software was developed on the platform of VC++6.0. A man-machine interface was firstly designed, and the CCD camera was controlled to get a picture of beef marbling. Finally, the grade of beef marbling was detected by the method of image processing. **Results** The software of marbling grades system for beef had high efficiency, and the classification accuracy rate was 87.5%.

Conclusion The beef marbling detection system can meet the actual needs of industry.

KEY WORDS: beef marbling; rapid detection; grading; software design

1 引言

我国的牛肉质量等级依据肉的大理石花纹和生理成熟度来衡量。其中, 大理石花纹是指肌肉内脂肪的数量和分布^[1]。它是决定牛肉品质的主要因素, 与嫩度、多汁性和适口性有密切的关系, 以第 12~13 肋骨间的眼肌横切面中背长肌为测定部位。我国的大理石花纹共分 7 个等级: 丰富(1 级)、较丰富(2 级)、一般(3 级)和很少(4 级), 这些都是通过标准的大理石花纹卡片来进行区分的, 并且在每两级之间还设半级如 1.5、2.5、3.5 级, 但未给定标准图片^[2]。这种评定方法要求分级员在低温环境下连续评定多个指标, 工作量较大, 分级员难免出现身体上和视觉上的疲

劳, 并且由于是主观评定, 难以克服分级员技术水平良莠不齐的缺点, 同一批产品由不同的分级员评定可能得到不同的结果, 降低了分级系统的可信度。最重要的是在商业利益的驱使下牛肉生产链中的各方均会倾向于有利于自身的结果, 不利于建立“以质论价”的市场体系。

采用机器视觉的方法进行牛肉大理石花纹的等级评定时, 需要从牛肉有效眼肌面积内提取牛肉的大理石花纹。国外的牛肉大理石花纹研究是从 20 世纪 80 年代开始的^[3-6], 而国内这方面的研究始于 21 世纪初。目前, 国内外在牛肉大理石花纹图像分割, 大理石花纹提取, 以及自动分级方面的研究已经取

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003008)、国家科技支撑计划项目(2012BAH04B00)

*通讯作者: 汤修映, 博士, 副教授, 主要研究方向: 农产品品质安全检测技术及智能装备。E-mail:txying@cau.edu.cn

得了一些进展, 但大都处于实验室研究阶段, 还没有人能将这些大理石花纹分割方法做成完整的牛肉大理石花纹检测系统^[7-11]。

针对以上问题, 为了规范和统一国内牛肉产品的品质, 促进牛肉生产水平的提高, 延长肉牛产业链, 对牛肉生产的发展起到导向和推动作用, 实现牛肉大理石花纹的快速无损伤检测, 本研究在已有的牛肉大理石花纹手持设备硬件基础之上建立牛肉大理石花纹自动检测系统, 并设计人机交互界面, 力图达到界面美观, 操作简单, 运行程序效率高, 准确分级的目的, 使其能够方便地运用在生产车间。

2 检测系统软件设计

2.1 检测系统硬件基础

牛肉大理石花纹检测系统的硬件主要由手持式检测装置, 触发控制装置, 计算机等组成, 如图 1 所示。

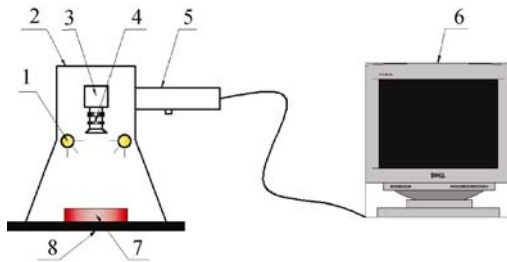


图 1 系统硬件示意图

Fig. 1 Hardware of the system

- 1.光源 2. 检测装置壳体 3. CCD 相机 4. 镜头 5. 触发装置
- 6. 计算机 7. 肉样 8. 载物台

检测装置主要由光源, 检测装置壳体, CCD 相机(OK_AM1410), 镜头组成; 触发装置则主要是由触发按钮和单片机(STC89S52)组成; 计算机的主要作用则是显示人机交互界面, 处理和保存数据。此外, 系统还配有一块不反光的黑色载物台, 用于放置待检测肉样。

2.2 检测系统整体方案设计

根据研究目的, 确定软件功能, 该检测系统软件部分的主要功能应由以下部分组成, 如图 2 所示:

开机后系统会首先进行初始化, 包括相机的初始化设置和计算机串口初始化, 然后操作人员通过界面上的实时显示窗口查看样品是否已经放好, 并利用触发装置上的按钮进行拍照, 拍完照后, 系统会

自动将所拍照片进行编号, 并存放在本地绝对路径下, 同时对所拍照片进行图像处理, 提取出大理石花纹占有有效眼肌面积的比率, 并进行大理石花纹分级, 将结果显示在人机界面上, 之后, 系统会自动将所采集样品的检测结果信息写在绝对路径下的文本文档中以备随时查看。整个检测过程只需操作人员将样品放置好和按按钮两个动作, 操作简单。本系统的整体设计方案如图 3 所示。

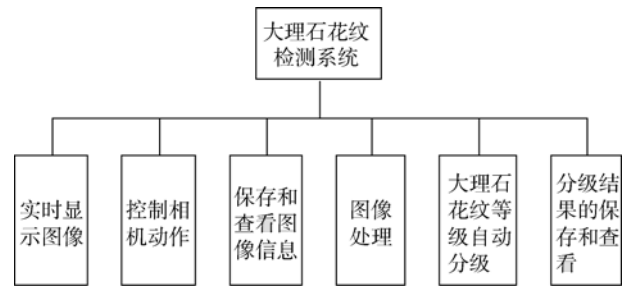


图 2 检测系统的主要功能

Fig. 2 Main functions of the detection system

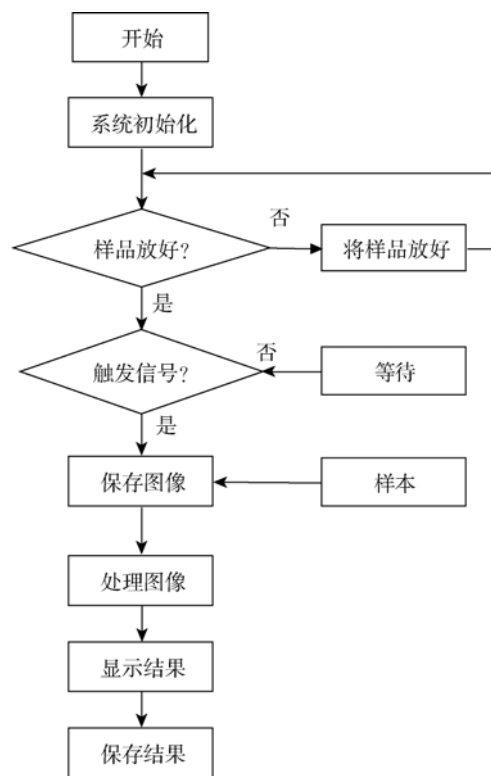


图 3 牛肉大理石花纹检测系统软件整体设计方案

Fig. 3 Total solution of beef marbling detection system

VC++6.0 是由 Microsoft 开发的一款基于 C++ 语言的功能强大的可视化软件开发工具, 是目前应

用最为广泛的软件开发工具之一，因此，本次牛肉大理石花纹检测系统程序设计采用 VC++6.0 进行设计。

2.3 检测系统人机界面设计及其操作流程

该系统的界面主要包括以下几个部分：图像信号实时显示区，软件操控区，保存图像静态显示区，结果显示区。

操作此软件时，在打开软件界面之后，只需点击开始采集，相机所采集到的实物图像便会动态的显示在实时显示区，在调整好牛肉位置之后，点击“大理石花纹检测”按钮或者按下触发装置上的按钮，系统便会自动拍下当前状态下的牛肉图像，并自动保存和分析，并将样品编号，大理石花纹比率，大理石花纹等级的结果数值显示在结果显示区。当要关闭系统时，只需按下“停止采集”按钮，并点击右上角关闭系统即可。如图 4 所示。

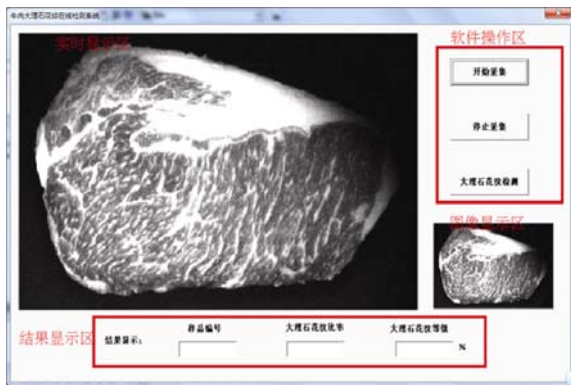


图 4 检测系统软件人机界面

Fig. 4 Man-machine interface of the system

2.4 CCD 相机的控制

CCD 相机是进行牛肉大理石花纹检测的核心部件，主要用于牛肉大理石花纹图像的提取。CCD 相机相比于普通相机具有性能稳定，快门速度快，成像质量高，便于进行高质量的图像处理的优点。

本系统相机选自嘉恒中自自动化公司生产的 OK_AM1410 黑白 USB 工业相机。要设计该牛肉大理石花纹检测系统软件，首先是要利用厂家提供的动态链接库中的库函数对该相机进行控制，使得相机所采集到的信息够实时显示在人机界面上，并在按下“大理石花纹检测”按钮时，能够将当时的图片保存到本地。

其中，要使得相机所获取的信息能够实时地显示在界面上，需在界面上添加 picture 控件，然后利用动态链接库函数 okCaptureTo()将一帧帧的图像采集到缓存 buffer 中，然后通过回调函数 BeginCapture(), Process(), EndCapture(), 将缓存中的图片一帧帧的显示在界面上，同时利用 Windows API 函数 InvalidateRect()和 UpdateWindow()函数将窗口重绘及更新窗口，由于计算机运行的非常快，超过了肉眼所能识别的范围，所以这样高速切换的画面看起来就是一个相机的实时显示状态。

此外，要保存相机当前状态的图片时，只需使用库函数 okSaveImageFile()即可将缓存中的图片保存到本地。

CCD 相机的控制程序流程图如图 5 所示。

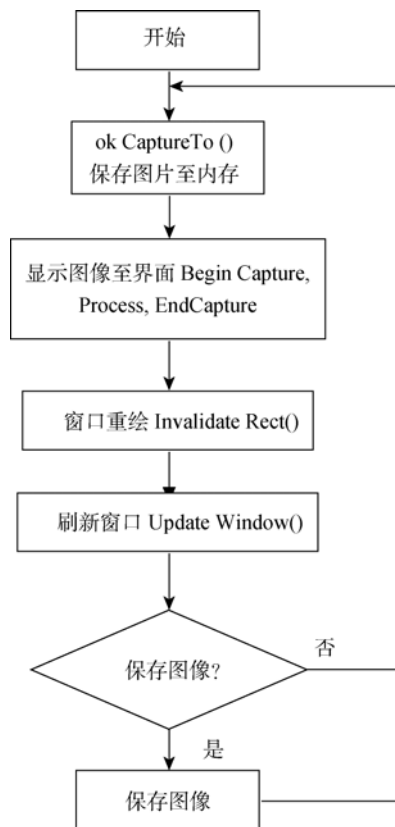


图 5 CCD 相机控制程序流程图

Fig. 5 Flow chart for the program of CCD camera

2.5 检测系统图像获取及处理程序设计

在本系统中，对于牛肉大理石花纹图像信息的获取和保存是该系统能否顺利进行牛肉大理石花纹检测的关键环节。开启系统后，当按下“大理石花纹

检测按钮”或者外触发装置按钮之后,系统会响应函数, 函数会一次性处理多个步骤并显示分级结果,包括编号并自动保存该 bmp 图像到缓存和本地,在图片显示区显示所保存的图像,图像处理及大理石花纹的提取,分级结果的显示和保存。

提取大理石花纹,并分级是正确分级牛肉大理石花纹的关键。基于本系统的图像特性,运用图像运算方法更适合于本系统提取牛肉大理石花纹。在本系统中,当图像顺利地保存在缓存区后,系统会返回一个图像首地址指针,利用这个图像的首地址,即可进行基于图像的牛肉大理石花纹提取操作。

如图 6 所示,在进行图像处理的时候,首先会将暗色载物台与牛肉在图像中区分开,接着会将亮色的大块肥肉部分从暗色的牛肉有效眼肌中分离出去并计算有效眼肌面积,然后利用大津算法将对牛肉大理石花纹和肌肉进行阈值分割,并计算大理石花纹面积。此时,大理石花纹比率即可算出。

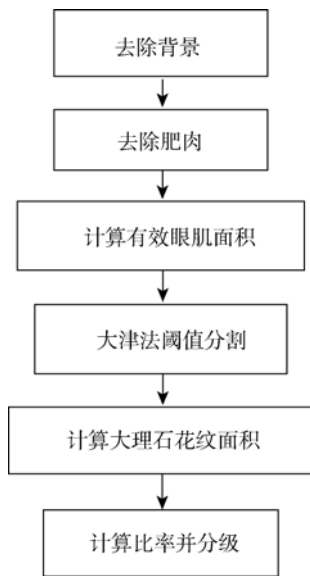


图 6 大理石花纹提取方法
Fig. 6 Marbling abstracting method

2.6 外触发功能的实现

2.6.1 外触发程序设计

如图 7 所示,外触发程序设计主要应用于该系统的外触发装置,该装置采用单片机串口通信,当外触发装置按钮按下时,系统会给单片机 P1.0 口一个信号,此时单片机会接着通过串口给计算机一个信号,

这时计算机就会响应“检测大理石花纹”按钮下的响应函数,实现同样的检测效果。

2.6.2 按钮防抖程序

本系统所采用按键为机械弹性开关,当机械触点断开、闭合时,电压信号如图 8 所示。由于机械触点的弹性作用,一个按键开关在闭合时不会马上稳定地接通,在断开时也不会一下子断开。因而在闭合及断开的瞬间均伴随有一连串的抖动。抖动时间的长短由按键的机械特性决定,一般为 5~10 ms。

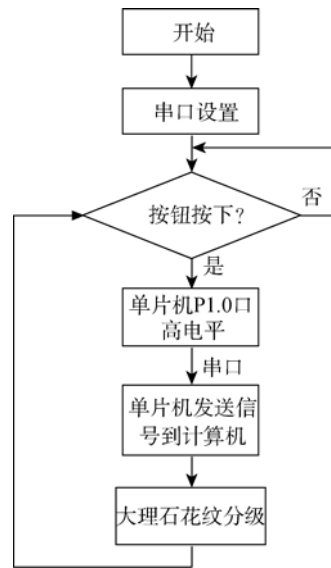


图 7 外触发程序设计流程图
Fig. 7 Flow Chart of external trigger program

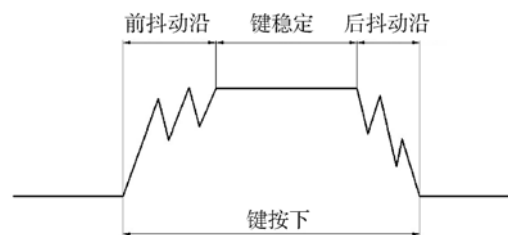


图 8 按钮抖动示意图
Fig. 8 Button jitter diagram

由于这个抖动在某些情况下会产生两次或者三次触发,会对系统的稳定性产生一定的影响,所以必须在程序中对其进行消除。本系统采用软件去抖方法,即检测出键闭合后执行一个延时程序,利用函数产生 50 ms 的延时,让前沿抖动消失后再一次检测键的状态,如果仍保持闭合状态电平,则认为真正有键按下。

2.7 数据保存

检测结果数据的保存与查看也是整个软件系统的一个重点,本系统采用MFC中的CFile类将检测结果保存在绝对路径下的文本文件TestResult.txt中,方便工作人员随时查看。文件内的内容包括:样品编号,大理石花纹比率及大理石花纹等级。

3 检测试验及结果

本试验所用牛肉样品取自北京御香苑畜牧有限公司车间,由专业牛肉分级员,对照其企业标准的牛肉大理石花纹分级板,选取鲁西黄牛12~13胸肋间的眼肌切面24块,并且这些牛肉由专业牛肉分级员现场分级。按照御香苑企业标准,其牛肉大理石花纹等级分为S级、A级和B级。其中S级相当于行业标准NY/T676-2010中的1级到1.5级,A级相当于2级到3级,B级相当于3.5级和4级。本系统所采用的分级方法是参考汤晓艳等《中国牛肉大理石花纹等级图谱的改进研究》^[12],所以,当牛肉大理石花纹比率大于11%时,评定为S级,当牛肉大理石花纹比率大于4%小于11%时,评定为A级,当牛肉大理石花纹小于4%时评定为B级。按照以上方法,将所选取的24块牛肉进行分级,其结果如表1所示:

表1 牛肉大理石花纹检测分级结果
Table 1 Grading results for beef marbling

样品等级	S级	A级	B级	总体
检测数量	7	8	9	24
检测正确数	6	7	8	21
检测准确率	85%	87.5%	89%	87.5%

4 结论

本文结合手持式牛肉大理石花纹检测系统的硬件,开发了工厂中牛肉大理石花纹在线检测系统软件。从软件设计的角度,简述了该软件设计的整体方案,界面设计及操作流程,CCD相机的控制程序设计,大理石花纹提取及图像处理过程,外触发程序的设计,和数据保存程序设计。通过试验表明,该系统对牛肉大理石花纹的分级准确率达到87.5%,可以满足企业实际需要。在今后的工作中仍需做进一步的验证与改进。

参考文献

- [1] 沈振宁,高峰,李春保,等.基于计算机视觉的牛肉分级研究技术进展[J].食品工业科技,2008,29(6):304-309.
- [2] NY/T676 牛肉质量等级.2003.
- [3] Kuchida K, Yamaki K, Mizuma Y. Evaluation of meat quality in Japanese beef cattle by computer image analysis [J]. Anim Sci Technol, 1992, 63: 121-128.
- [4] McDonald TP, Chen YR. Visual characterization of marbling in beef ribeyes and its relationship to taste parameters [J]. Trans ASAE, 1991, 34: 2499-2504.
- [5] Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmarrie M. On-line prediction of yield grade, longissimus muscle area, preliminary yield grade, adjusted preliminary yield grade, and marbling score using the MARC beef carcass image analysis system [J]. J Anim Sci, 2003, 81: 150-155.
- [6] Li J, Tao J, Martz FA. Image Texture Features as indicators of beef tenderness [J]. Meat Sci, 1999, 53: 17-22.
- [7] 汤晓艳,周光宏,徐幸莲.对我国牛肉分级制度的几点思考[J].黄牛杂志,2003,2:53-56.
- [8] 贾渊,姬长英,汤晓艳.基于计算机视觉的牛肉分级技术综述[J].农业工程学报,2004,5:47-50.
- [9] 江龙建.基于计算机视觉和神经网络的牛肉大理石花纹自动分级技术的研究[D].南京农业大学,2003.
- [10] 陈坤杰,姬长英.牛肉自动飞机技术研究进展[J].农业机械学报,2006,37(3):153-156.
- [11] 高晓东,吴建虎,彭彦昆,等.基于高光谱成像技术的牛肉大理石花纹的评估[J].农产品加工学刊,2009,(10):33-37.
- [12] 汤晓艳,徐幸莲,钱永忠,等.中国牛肉大理石花纹等级图谱的改进研究[J].中国农业科学,2006,39(10):2101-2106.

(责任编辑:赵静)

作者简介



杨伟龙,硕士,研究方向:农产品品质及安全检测技术及智能装备。

E-mail: ywl_988987@163.com



汤修映,博士,副教授,主要研究方向:农产品品质及安全检测技术及智能装备。

E-mail: txying@cau.edu.cn