秧苗嫁接机器人视觉与识别的研究

刘成良 王红永 曹其新 永田雅辉

【摘要】 研制了一套应用于瓜果秧苗嫁接机器人的视觉系统,该系统能判别秧苗品质和秧苗方向,使得瓜类秧苗嫁接机器人在保证质量情况下实现全自动嫁接成为可能。

叙词:秧苗 嫁接 机器人视觉
中图分类号:TP391.41 文献标识码:A

Study on Robot Vision and Judgement System for Seedling Grafting Robot

Liu Chengliang Cao Qixin
(*Shanghai Jiaotong University*)
Wang Hongyong
(*Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences*)
Masateru NAGATA
(*Miyazaki University, Japan*)

Abstract

This study aimed at to develop a fully automatic grafting system for cucurbitaceous vegetables. Before a cotyledon is cut off for grafting, the seedling needs to be selected and then loaded in a specific orientation. At present, these operations are still done manually. In order to solve the problems, a seedling quality estimation method using fuzzy logic and neural network was developed. The experimental results showed that the developed method could estimate the seedling quality for cucurbitaceous vegetables with higher accuracy compared to manual operation. Utilization of the proposed method for seedling quality estimation will lead to the development of a fully automatic grafting system for cucurbitaceous vegetables. The concept has a good potential to reduce the manual labor and improve the quality of grafted seedlings.

Key words Seedling, Grafting, Robot vision

引言

嫁接后的瓜果秧苗具有抗病虫害、结果能力强和品质高等特点,该技术被广泛地应用于实际生产。目前,日本设计和制造的嫁接机器人中,具有代表性的是单片子叶切断型的瓜苗嫁接机器人[1,2]。但是该机器人在嫁接秧苗时需要3名操作人员辅助工作,其中两人分别挑选瓜苗和按一定的方向为机器人提供砧木和接穗用的秧苗,另一名操作人员把嫁接后的秧苗重新插入种盘中。为了提高瓜果秧苗嫁接机器人的自动化程度,保证嫁接质量,改善劳动条件,本文提出了用机器人视觉系统代替选苗和按一定的方向为机器人提供砧木和接穗用秧苗的人工劳动的设计思想[3~5]。

1 秧苗的嫁接

1.1 瓜苗的形状

瓜苗的形状直接影响到嫁接的质量,本文以砧木的南瓜苗和接穗的黄瓜苗为例,对秧苗的形状加以说明。农作物生长在自然条件下,不同的种类和品

收稿日期:2000-09-21
刘成良 上海交通大学机器人研究所 博士,200030 上海市
王红永 中国农业机械化科学研究院 博士,100083 北京市
曹其新 上海交通大学机器人研究所 教授
永田雅辉 日本国宫崎大学农学部 教授,8892192 宫崎

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

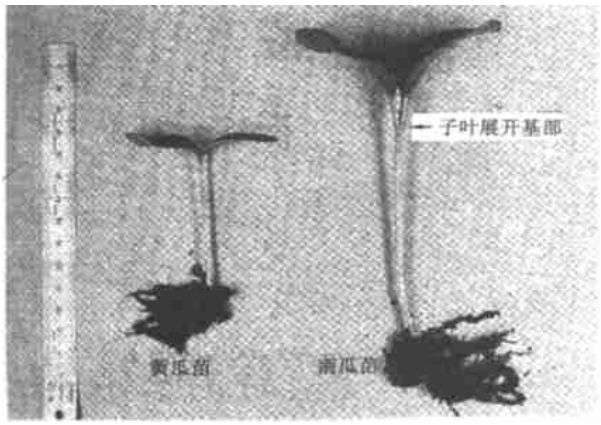

图 1　标准的可嫁接秧苗

种具有不同的形状, 即使同一品种形状也有差异, 因此嫁接前操作人员需要对嫁接的砧木和接穗秧苗进行挑选, 畸形苗或生长不正常的苗都不能用于嫁接。图 1 为生长比较标准的可嫁接秧苗, 标准的黄瓜苗呈 T 形, 而南瓜苗呈 Y 形。为了讨论方便, 对秧苗各个部位定义如图 2 所示。

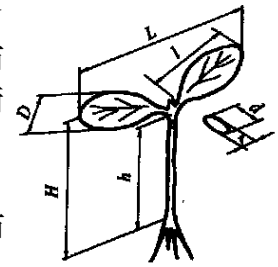

图 2　秧苗各部位参数

H —苗高　h—胚轴长
D —子叶宽度　r—胚轴短径
d—胚轴长径　l—子叶长度
L —子叶展开长度

1.2　瓜苗的嫁接方法

当前比较常见的瓜苗嫁接方法是单叶切除法, 砧木的半边子叶切除部分与接穗的断根部分嫁接。机器人用单叶切除法嫁接时的要点是操作人员往机器人上搁置秧苗时必须使嫁接后秧苗的接穗子叶和砧木子叶呈垂直状态。图 3是嫁接秧苗搁置在机器人上的状态和秧苗的切除部位。

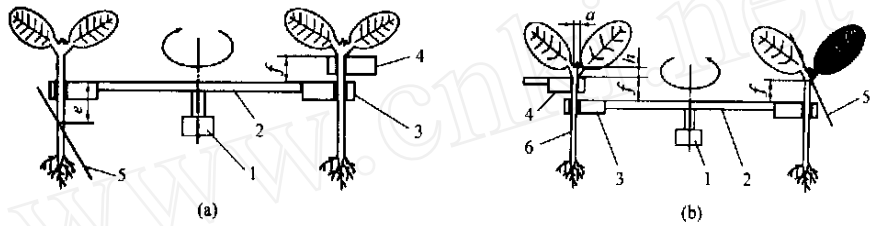

图 3　嫁接秧苗的搁置状态和切除部位

1. 转动部　2 传送架　3 机械手　4 搁置架　5. 切断刀轨迹　6 胚轴

(a) 接穗放在机械手上传送到切除部, 在子叶下端 $f+e$ 处切下根

(b) 让机械手握住砧木的子叶下端 f 处的胚轴并传送到切除部, 在 (a, h) 范围内切除子叶

2　试验装置与判别方法

2.1　试验装置

为了开发秧苗品质判别和方位识别系统, 提出了一种秧苗形状抽出和品质判别方法, 并利用图 4 所示的试验装置对算法进行验证。这套试验装置由彩色 CCD 摄像机(SONY, DXC－151A)、彩色图像采集卡(HMAWARI－50)、PC 计算机(NEC, PC－9821Xv20)、照明日光灯装置(HITACH, 20W－100V 30kHz)和图像监视器(SONY, PVM－1450)等设备构成。为了正确地读入秧苗的图像信号, 图像的背景使用了白纸。

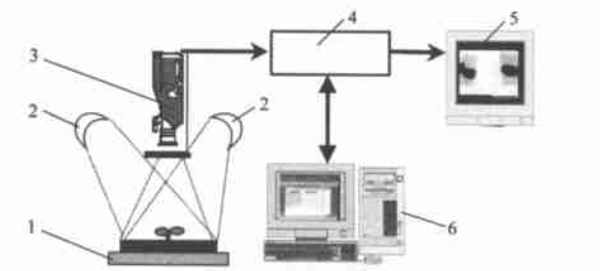

图 4　试验装置

1. 测试台　2 照明灯　3 摄像机　4 图像采集卡
5. 监视器　6 计算机

2.2　形状特征抽出方法

本试验装置的图像采集卡从摄像机采到的彩色图像信号是 RGB 模式, 由于 RGB 模式彩色图像其像素的浓度值受周围光线强弱的影响很大, 为了保证从图像中抽出的特征数据的准确性, 首先对采集的图像采取前处理, 即把 RGB 模式转变成 Lab 模式。

所谓的形状特征抽出主要指秧苗子叶的形状(图 5)是根据操作人员对秧苗进行判别的标准提出的。操作人员判别秧苗可嫁接的条件是: 子叶的长度与宽度比例适中, 子叶发育良好(叶面积大), 子叶左右对称, 子叶无畸形, 子叶颜色健康。

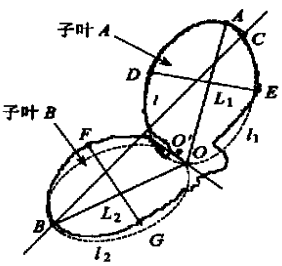

图 5　子叶的形状特征抽出

以上述条件为依据提出了秧苗几何形状特征抽出方法, 几何形状特征如图 5 所示。形状特征抽出的步骤如下:

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(1) 把RGB 模式的彩色图像转变为Lab 模式。

(2) 从Lab 模式a 图像中抽出秧苗子叶图像。

(3) 用惯性矩法求出子叶重心位置O 和长轴l。

(4) 用垂直于长轴的线检出秧苗的中心点O 和子叶的两端点A、B。

(5) 分别用垂直于$\overline{AO}$、$\overline{BO}$的线检出子叶的叶宽L_{DE}、L_{FG}。

(6) 由以上参数定义出形状特征式为

$$\begin{cases} K_1 = L_{DE}/\overline{AO} \\ K_2 = L_{FG}/\overline{BO} \\ K_3 = S \\ K_4 = 2\overline{AO}/(\overline{AO}+\overline{OB}) \\ K_5 = \overline{AB}/(\overline{AO}+\overline{BO}) \\ K_6 = \overline{OO}/\overline{AB} \\ K_7 = 4S_1/(\pi\overline{AO}L_{DE}) \\ K_8 = 2l_1/\left(\pi\sqrt{\overline{AO}^2+L_{DE}^2}\right) \\ K_9 = 4S_2/(\pi\overline{BO}L_{FG}) \\ K_{10} = 2l_2/\left(\pi\sqrt{\overline{BO}^2+L_{FG}^2}\right) \end{cases} \quad (1)$$

式中 S —— 两子叶的总面积

S_1 —— 子叶A 的面积

S_2 —— 子叶B 的面积

$K_1 \sim K_{10}$ —— 特征参数

2.3 神经网络的判别

为了提高BP 神经网络的判别准确性, 首先用一组隶属函数把特征参数$K_1 \sim K_{10}$的值整定在0～1之间。该组隶属函数是根据专业秧苗判别人员对瓜果秧苗判定经验提出的。

本文采用的BP 神经网络有输入层(10 个输入端)、隐层和输出层(2 个输出端), 其中隐层可以是一层或多层。每个隐单元的活性取决于输入单元的活性及输入单元与隐单元之间的连接权值。同样, 输出单元的行为取决于隐单元的活性以及隐单元与输出单元之间的权值。

这里定义网络输入层的10 个输入端分别对应$K_1 \sim K_{10}$参数; 定义当A 级秧苗的$K_1 \sim K_{10}$参数输入时输出层的两个输出端为(1, 1), B 级秧苗参数输入时两个输出端为(0, 1), C 级秧苗参数输入时两个输出端为(0, 0)。根据以上条件通过调整神经网络的隐层数和隐单元数进行训练。如果训练成功则认为该神经网络具备了对秧苗形状等级的判别能力。

3 试验结果和分析

3.1 任意方位的形状特征抽出

运用编好的系统程序对图6 所示的4 枚形状各异的南瓜秧苗进行形状特征抽出试验, 具体步骤是: 按子叶的展开方向, 把秧苗在45～315 范围内每隔45 旋转一次并抽出其形状特征参数$K_1 \sim K_{10}$, 结果证实抽出的参数基本不受子叶方位影响(表1)。

图6 南瓜秧苗

表1 各方位下抽出的结果

参数	1号			2号			3号			4号		
	平均值	标准偏差	变化系数/%	平均值	标准偏差	变化系数/%	平均值	标准偏差	变化系数/%	平均值	标准偏差	变化系数/%
K_1	0.68	0.02	2.8	0.70	0.02	2.2	0.61	0.02	2.74	0.64	0.02	2.5
K_2	0.70	0.02	2.2	0.77	0.01	1.8	0.68	0.02	2.66	0.66	0.02	2.7
K_3	5 496	508	9.3	4 778	311	6.5	4 828	452	9.36	5 538	153	2.8
K_4	0.97	0.05	4.8	0.92	0.03	2.8	0.89	0.047	5.32	0.97	0.031	3.2
K_5	0.99	0.01	0.6	0.99	0.01	0.8	1.00	0	0.28	0.93	0.02	1.8
K_6	0.05	0	4.4	0.06	0	7.3	0.05	0.01	9.83	0.14	0.01	4.2
K_7	0.81	0.11	13.1	0.85	0.10	12.1	0.80	0.10	12.32	0.89	0.05	5.2
K_8	0.96	0.06	6.1	0.96	0.05	5.4	0.98	0.05	5.21	0.94	0.08	8.0
K_9	0.82	0.11	13.0	0.86	0.07	8.2	0.79	0.06	8.00	0.89	0.04	4.2
K_{10}	0.99	0.05	4.7	0.97	0.04	4.4	1.01	0.07	6.60	0.99	0.08	8.3

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.2　学习模式与神经网络的训练

学习用的模式采用图 7 所示的秧苗, 系统程序首先对抽出的形状特征参数进行模糊的定量处理(数值范围限制 0～ 1), 然后送给神经网络去学习。神经网络对这组秧苗的模式学习结果较好, 经2 144 次学习后其误差收敛到 10^{-5}以下。

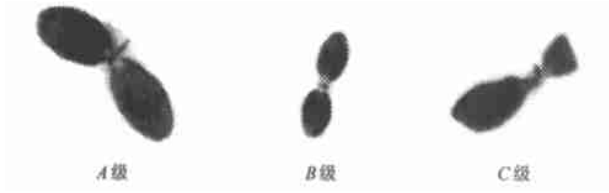

图 7　学习模式

3.3　系统对秧苗的判别

利用训练后的神经网络对 12 枚秧苗进行品质判别, 结果如图 8。保留单边子叶的方向可由$\overline{AO}$线的角度算出。

图 8　判别结果

4　结束语

为了提高瓜果秧苗嫁接机器人的自动化程度, 本文提出了秧苗形状特征抽出和品质判别的方法, 开发了适用于秧苗嫁接机器人的视觉判别系统。通过对南瓜和黄瓜秧苗的品质和方向的判别试验, 证明其结果与熟练技术人员判别结果完全一致, 本系统是有效的。

参　考　文　献

1　Yamada H, Buno S, Koga H, et al. Development of a grafting robot. In: Proc. International Symposium on Automation and Robotics in Bio-production and Processing. Kobe, Japan. 1995. 241～ 248

2　Miyanaga T, Fukumori I, Susawa K, et al. Technical report of the institute of agricultural machinery. Omiya, Saitama, Japan. 1998

3　Cao Q, et al. Algorithm and implementation of a learning multiple-valued logic network. The 23rd International Symposium on Multiple-valued Logic, IEEE, 1993. 202～ 207

4　Cao Q, Nagata M, Kinoshita O. Analysis of image recognition by multiple-valued neural network for automatic strawberry sorting system. In: Proceedings of International Agricultural Mechanization Conference, 1995. 42～ 47

5　Nagata M, Cao Q. Study on grade judgment of fruit vegetables using machine vision. Japan Agricultural Research Quarterly, 1998, 32(4): 257～ 265

(上接第 27 页)

就将有利于牵引可靠性的提高。

1KS－25 型开沟机在含水率 50% 左右的水稻板茬田上进行了大面积开沟试验, 结果表明: 中型拖拉机牵引正常, 生产率几乎超过圆盘开沟的一倍, 开沟质量完全符合农艺要求。

3　结论

(1) 中型拖拉机犁式开沟机将固定刀切土改为转动刀切土(切出沟壁), 由于转叶式切土刀的助推作用, 克服了拖拉机一机双沟作业时牵引力不足的缺点, 并消除了驱动轮压痕对作物生长带来的不良影响。

(2) 转叶式切土刀直径不大(ϕ0.7 m), 转速不高(小于或等于 180 r/min), 只要切土刀转速与拖拉机前进速度匹配合理, 助推效果就会明显。

(3) 转叶式切土刀的设计为开沟机结构及作业方式的改进提供了新思路, 对苏南烂湿田地区技术经济效果明显。

参　考　文　献

1　施炯, 许兆麟, 鲍国乔. 窄胎体高花纹水田轮胎的研制. 拖拉机, 1980 (6): 7～ 16

2　镇江农业机械学院, 吉林工业大学 合编. 农业机械理论与设计. 北京: 中国工业出版社, 1961. 231～ 234

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net