

精确施药可变量喷雾控制系统研究

陈 勇, 郑加强

(南京林业大学机械电子工程学院, 南京 210037)

摘 要: 开发了基于机器视觉和模糊控制原理的精确农药可变量喷雾控制系统, 并在实验室进行了试验研究。研究表明, 系统能融合树冠面积信息和距离信息, 通过模糊决策来判断树木大小和距离, 进而选择不同的喷头组合, 并控制喷雾系统的流量和喷头射程, 实现对树木目标的智能喷雾, 从而大幅减少农药用量。

关键词: 农药使用; 机器视觉; 模糊控制; 可变量技术; 树木

中图分类号: S625

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)05-0069-04

陈 勇, 郑加强 精确施药可变量喷雾控制系统的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 69- 72

Chen Yong, Zheng Jiaqiang Control system for precision pesticide application based on variable rate technology [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(5): 69- 72 (in Chinese with English abstract)

0 引 言

化学防治方法能高效、实时地控制突发性的病虫害, 在目前乃至今后相当长的一段时期内, 化学防治、机械施药是我国树木病虫害防治的主要手段。

对树木喷洒农药, 可使用背负式或担架式机动喷雾机、车载风送喷雾机、垂直喷杆喷雾机和航空喷雾等等。就目前现状, 我国农药的有效利用率只有 30% 左右(发达国家为 60% ~ 70%)。这不仅浪费了农药, 还造成环境污染, 甚至人员中毒^[1]。在传统的森林病虫害防治过程中, 总是假定农药施用系统经过的区域没有个体区别, 不管有无施药目标都采用均匀全面施药。而实际上, 树与树之间具有一定的株距, 不同的树种有不同的树冠形态, 采用恒定的速率施药就会造成非靶标沉积而污染环境 and 浪费农药。所以要积极研制智能控制的林木病虫害防治机械^[2]。

国外较早开展了农药精确施用方法的研究, 以提高农药利用率、保护环境^[3- 6]。在国内, 中国农业大学研究了果园自动对靶静电喷雾机^[7]; 南京林业大学研究了基于机器视觉的树木图像实时采集与识别系统^[8], 由于喷雾过程的实时性和目标及距离信息的模糊性, 首先必须开展基于机器视觉和模糊控制原理的控制系统以实现精确施药。

本文研究基于机器视觉和模糊控制原理的树木农药精确喷雾控制系统, 通过机器视觉识别树木目标, 模糊控制器根据目标大小控制垂直喷杆上的喷头组向树冠喷洒农药, 从而可以大幅减少农药用量, 减小环境污染。

1 系统整体设计

当车载喷雾设备沿着道路前进时, 要实现自动对靶

喷雾必须首先识别树木目标, 并提取目标深度或距离信息, 再通过智能决策, 精确地喷洒农药。

本系统由摄像头(美国 3Com 公司)、计算机、模糊控制器、超声波距离传感器(上海郎尚科茂公司)、变频器(德国西门子公司)、喷雾泵(台州市丰田喷洗机有限公司)、三相异步电动机(南京微分电机厂)、电磁阀(浙江鄞县宝得电磁阀厂)、喷头等等构成。

摄像头通过 USB 接口将采集到的树木图像送至计算机; 图像处理软件将树木图像从背景中提取出来, 并计算出树冠在一帧图像中所占面积; 模糊控制器融合距离信息和面积信息, 经模糊决策处理后再选择喷头组合并通过变频器控制泵电机转速, 从而控制流量、射程和喷雾区域。

由于树冠大小与距离远近都是用模糊语言来描述的, 难以建立精确的数学模型, 因此, 研究中选择了模糊控制技术。模糊控制更容易满足实时性要求, 也满足本课题实际需要。

如图 1 所示为用于树木喷雾的垂直喷杆, 选择全部 7 个喷头喷洒“大”树; 根据目标大小选择若干喷头组合喷洒“小”树。

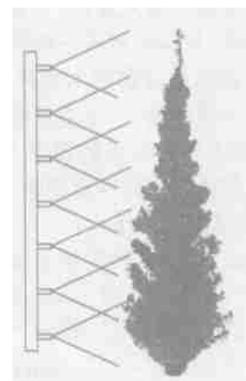


图 1 用于树木喷雾的垂直喷杆

Fig 1 Vertical boom for pesticide spraying

2 模糊控制系统硬件设计

模糊控制系统硬件主要由 AT89C51 单片机及其

收稿日期: 2004-08-09 修订日期: 2004-11-08

基金项目: 国家自然科学基金(30271078); 国家留学基金资助

作者简介: 陈 勇(1965-), 男, 汉族, 江苏南京人, 副教授, 博士生, 主要从事机电一体化方面的研究。南京 南京林业大学机械电子工程学院, 210037。Em ail: chenYGONJ@sohu.com

外围电路构成,图 2 是其原理图。

其中,AT89C51 是美国 ATMEL 公司采用 CMOS 工艺生产的低功耗、高性能 8 位单片机^[9]。它与 Intel 公司 MCS-51 的指令和引脚兼容,内置 4K 字节闪烁可编程可擦写只读存储器、128 字节 RAM、32 根 I/O 线、2 个 16 位定时/计数器、5 个向量二级中断结构、1 个全双工串行口,并且内含片内振荡器和时钟电路。此外,

AT89C51 还支持二种软件可选的电源节电方式,MAX232 实现电平转换,CD4502 用于通道切换。

单片机与计算机通过串行口通信得到树冠面积信息,另外,单片机通过串行口采集超声波传感器获取的距离信息。电路中利用 CD4052 芯片实现单片机的串行口分时地与计算机串行口和传感器串行口连接,使得外围电路简化实用。

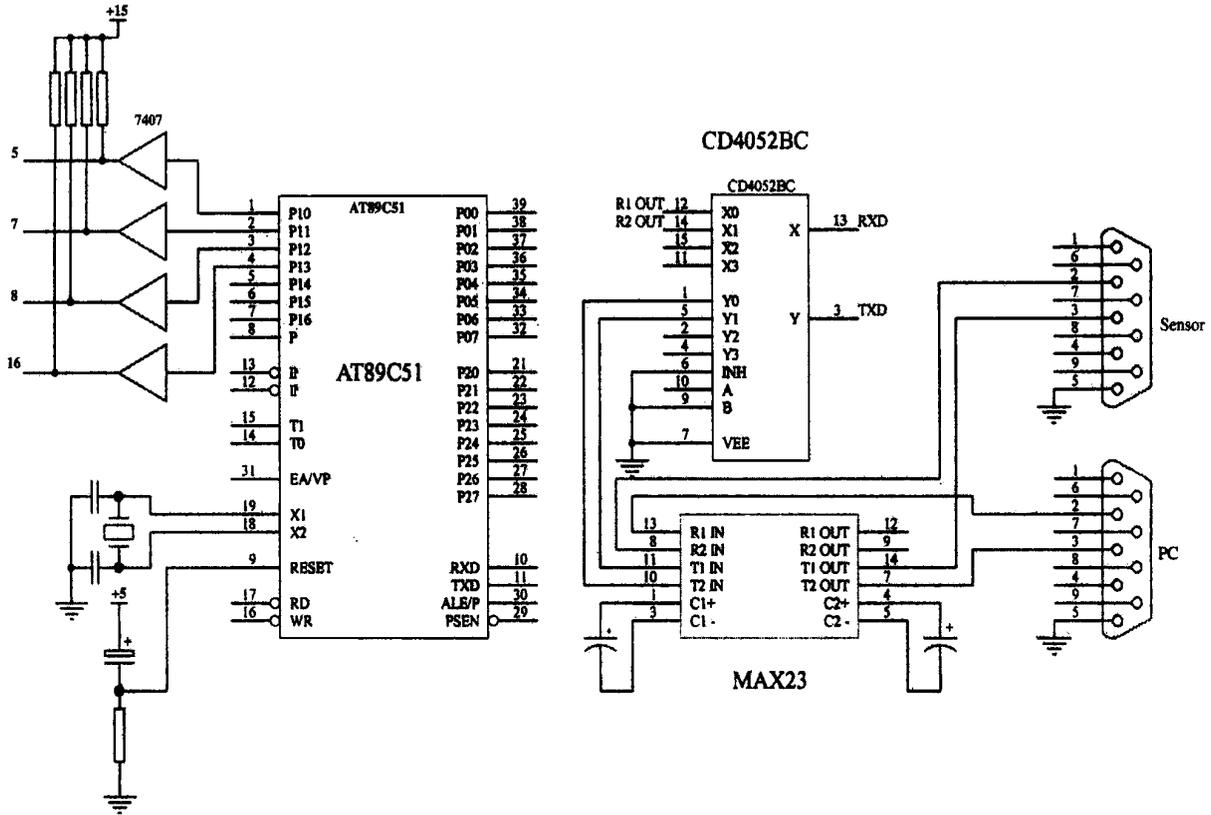


图 2 模糊控制电路

Fig 2 Fuzzy control circuit

3 模糊控制器的设计

模糊控制器有两个输入量,一个是来自图像处理得到的树冠面积参数(目标树冠占一帧图像的面积比),另一个是来自超声波传感器的树木距离参数(0~10m)。模糊控制器有两个输出量,一个是送给变频器的频率控制量 C ,另一个是选择喷头组的参量 G 。树冠面积参数和树木距离参数的模糊划分和模糊量如图 3 所示;频率控制量 C 所用的模糊量为单点: - 2, 0, 2, 然后进行连续论域向离散论域的转变。模糊控制规则如下:

- L_1 : if $A = P_a$ and $D = P_d$ then $C = P_c$
- L_2 : if $A = P_a$ and $D = Z_d$ then $C = P_c$
- L_3 : if $A = P_a$ and $D = N_d$ then $C = Z_c$
- L_4 : if $A = Z_a$ and $D = P_d$ then $C = P_c$
- L_5 : if $A = Z_a$ and $D = Z_d$ then $C = Z_c$
- L_6 : if $A = Z_a$ and $D = N_d$ then $C = N_c$
- L_7 : if $A = N_a$ and $D = P_d$ then $C = Z_c$
- L_8 : if $A = N_a$ and $D = Z_d$ then $C = N_c$

L_9 : if $A = N_a$ and $D = N_d$ then $C = N_c$

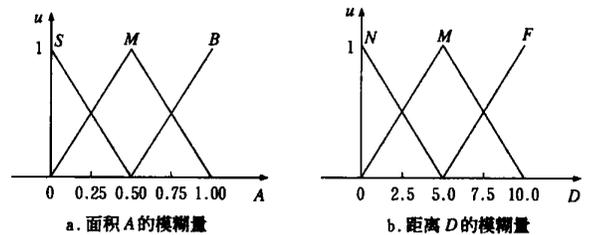


图 3 面积 A 和距离 D 的模糊量

Fig 3 Fuzzy area A and fuzzy distance D

经过计算得到模糊控制表,如表 1 所示。经过模糊决策输出频率控制量 C 的 5 个模糊量: - 2, - 1, 0, 1, 2, 但还需将这些模糊量转化为变频器可以接收的精确量,即模糊量需要转化为精确量。

控制变频器可以有 3 种方法:送数字量、送模拟量,以及通过串行口进行通信。考虑到本课题实际需要,用单片机 P1 口直接给变频器端子 5、7、8、16 送数字量。

变频器通过控制三相异步电动机来控制喷雾泵的速度,从而改变流量,控制喷雾射程。程序设定,当A的值为:0、1、2时,选择全部7个喷头喷洒“大”树;当A的值为:-2、-1时,选择垂直喷杆下面的4个喷头喷洒“小”树。

表 1 模糊控制表

Table 1 Fuzzy control table

C	离散论域中的D				
	- 2	- 1	0	1	2
离散 论域 中的 A	- 2	- 2	- 2	- 1	0
	- 1	- 2	- 1	0	1
	0	- 2	- 1	0	1
	1	- 1	0	1	2
	2	0	1	2	2

4 图像处理和模糊控制软件设计

图像采集和处理软件用VC++语言开发^[8,10],流程图如图4所示。目标识别结果如图5所示,左边为处理前的原图像,右边为处理后的图像。

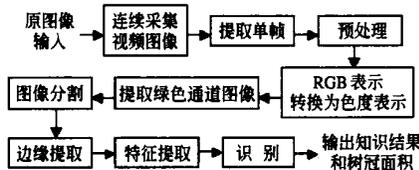


图 4 图像采集和处理算法流程图

Fig 4 Flow chart of image capturing and processing

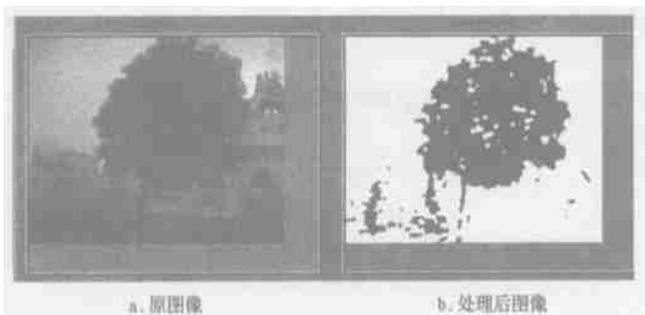


图 5 图像采集和处理试验结果

Fig 5 Results of image capturing and processing

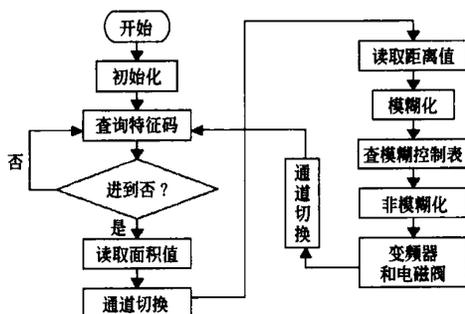


图 6 模糊控制算法流程图

Fig 6 Flow chart of fuzzy control algorithm

模糊控制软件用MCS-51 汇编语言设计^[11,12],流程图如图6所示。

5 试验结果与分析

为了验证上述方法的效果所进行的试验研究,部分参数选择及试验结果如表2所示。

表 2 试验结果

Table 2 Experimental results

目标距离/cm	树冠面积比	频率值/Hz	射程/cm	喷头组
493	> 0.75	30	550	组 1、组 2
293	0.25~ 0.75	18	450	组 2
93	< 0.25	10	250	组 2

喷杆上安装7个喷头,根据喷雾形态,设置喷头间距为30cm。本文只选用两个电磁阀,一个控制上面3个喷头(组1),另一个电磁阀控制下面4个喷头(组2),这样共分两组,可以减少电磁阀的数目。

当喷雾泵转速较低时,泵输出的流量较小,喷头雾滴较粗,而且喷雾扇角较小,射程较短。随着喷雾泵转速提高,泵输出的流量变大,喷头雾滴变细,而且喷雾扇角变大,射程增大。当喷雾泵转速达到一定值后,喷雾扇角没有明显变化,而雾滴越加细化,射程不再增加。

试验结果分析显示,借助机器视觉和模糊控制技术,该系统可以在一定条件下根据树木大小和距离来选择喷头组,并调节喷头射程。传统的喷洒方法中,或者连续喷雾,或者人工控制喷头。而该系统可以在正对树木时打开喷头,在树木缺棵时关闭喷头,因而大大减少了农药用量,并实现流量和喷头射程的自动调节。同时,模糊控制技术的使用还避免了对喷雾系统的过于频繁的调整。

该方法的缺点是在射程调节范围较大时,随流量变化系统的喷雾形态也发生了变化。也就是说,对应于一定喷雾泵转速的喷雾形态是理想的,而对应于另外一定喷雾泵转速的喷雾形态则是不理想的。

6 结论

本文开发了基于机器视觉和模糊控制原理的精确农药可变量喷雾控制系统,并在实验室进行了试验研究,得到如下主要结论:

- 1) 系统可以在正对树木目标时打开喷头,在树木缺棵时关闭全部喷头,并可以在一定条件下根据树木大小和距离来选择喷头组合,并调节喷头射程,因而可大大减少农药用量。
- 2) 实现了流量和喷头射程的自动调节,同时模糊控制技术的使用避免了对喷雾系统的过于频繁的调整。
- 3) 今后可采取措施解决流量变化影响喷雾形态问题,维持理想的喷雾形态。同时可以通过优化代码以提高图像处理的速度,减少流量控制系统的动作滞后。

[参 考 文 献]

[1] 杨学军,严荷荣,徐赛章,等. 植保机械的研究现状及发展

- 趋势[J]. 农业机械学报, 2002, 33(6): 129- 137.
- [2] 郑加强, 等. 21 世纪精确农药使用方法展望[C]. 见: 倪汉祥, 成卓敏主编. 面向 21 世纪植物保护发展战略研讨会论文集[A]. 成都: 2001 年, 北京: 中国科学技术出版社, 415 - 419.
- [3] Panneton B, R Theriault, B Lacasse. Efficacy evaluation of a new spray-recovery sprayer for orchards[J]. Transactions of ASAE, 2002, 44(3): 473- 479.
- [4] Tumbo S D, M Salyani, J D Whitney. Investigation of laser and ultrasonic ranging sensors for measurements of citrus canopy volume[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2002, 18(3): 367- 372.
- [5] Svensson S A, R D Fox, P A Hansson. Forces on apple trees sprayed with a cross-flow fan air jet[J]. Transactions of ASAE, 2002, 45(4): 889- 895.
- [6] David R M, A Hiscox and M Salyani. Quantification of spray drift from orchard sprayers, using L D AR [C]. 2003 ASAE Annual International Meeting. Las Vegas, Nevada, U SA.
- [7] 何雄奎, 严荷荣, 等. 果园自动对靶静电喷雾机设计与试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 78- 80.
- [8] Xiang H T, J Zheng. Machine Vision Technology for Indoor Simulated Tree Image Acquisition and Recognition [C]. 2003 ASAE Annual International Meeting, Las Vegas, Nevada, U SA.
- [9] ATM EL Corporation. 《The Users Manual》[M], 2000.
- [10] 向世明. Visual C++ 数字图像与图形处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [11] 李士勇. 模糊控制、神经控制和智能控制论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998.
- [12] 何立民. MCS- 51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.

Control system for precision pesticide application based on variable rate technology

Chen Yong, Zheng Jiaqiang

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: A machine vision and fuzzy control based spray system, which could perform site-specific pesticide application, was developed and tested for the study on Variable Rate Technology (VRT). The system could integrate information of the tree canopy with the distance between the tree and the nozzles to judge the tree size, and then to select different nozzle groups, as well as to control the flow rate and spraying range. In this way, an intelligent chemical delivery was achieved. Compared with traditional methods, the system could greatly save pesticide.

Key words: pesticide application; machine vision; fuzzy control; variable rate technology; tree