

温室土壤湿度的模糊控制系统研究

吴肖龙,柯建宏*,姚然,梅卫国,黄茂启 (昆明理工大学机电工程学院,云南昆明 650500)

摘要 [目的]现代化的温室是促进农业技术发展的重要标志。然而,目前国内由于地区因素的差异,部分地区存在着操作成本较高、技术人员水平较低等情况,智能温室系统的普及程度低。为了使自动控制技术能在现代温室中发挥作用,温室内的环境条件得以有效地控制,需要大力推广智能温室技术。[方法]设计了一种针对温室土壤湿度的环境测控系统。[结果]该系统采用模糊控制技术,能够对单栋温室的土壤湿度进行测量和控制。通过 Matlab 对该系统进行模糊规则的设计,并进行模糊控制仿真。[结论]验证了该系统的可行性,并且使温室环境达到预期要求。

关键词 温室控制;模糊控制器;土壤湿度;Matlab
中图分类号 S24 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)30-10798-03

Fuzzy Control Systematic Study of Greenhouse Soil Moisture
WU Xiao-long, KE Jian-hong*, YAO Ran et al (Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650500)

Abstract [Objective] Modern greenhouse is an important symbol to promote agricultural technology development. However, regional differences, high cost and low technical level causes great difficulties to popularize system. For using automatic control technology in modern greenhouse and controlling greenhouse environment effectively, the technology should be promoted actively. [Method] A measurement and control system for greenhouse soil moisture was designed. [Result] The system can measure and control soil moisture of single greenhouse by using fuzzy control technology. The author completed the design of the fuzzy control rules and simulation of the system. [Conclusion] The feasibility of the system has been verified and has reached the expected requirement.

Key words Greenhouse control; The fuzzy controller; Soil moisture; Matlab

随着温室技术的发展,各类不同作物均不同程度地摆脱了传统气候的限制,因此,在农业工程方面得到了迅猛发展。然而,就目前的国内情况来看,温室环境测控方面的发展水平仍然较低,符合作物生长的温室控制系统价格不菲、维护保养费用高、操作难度大,严重制约了温室控制领域的发展^[1-3]。温室中自动化技术所发挥的作业也存在很大的局限性,绝大部分是靠人们往常的经验进行控制,并没有相应的数据进行参照,因此这种控制是不科学的,而且具有一定的盲目性^[4-7]。由此,现代的温室需要开发一种成本较低、利用价值高而且自动控制程度高的温室系统。该研究提出的系统是采用无线技术进行数据的传输,省去了大量铺设线缆的费用,降低了操作难度以及操作成本。在传统控制中,基本都是手动和自动两种模式,增加了符合实际的控制方法,使操作方式更加简便^[2,3,5]。该研究针对温室湿、温度因子的模糊控制,对模糊控制器及控制规则进行了设计,通过 Matlab 对其进行了仿真,验证了该控制系统的可行性。

1 温室内环境的特点及控制方法

1.1 温室环境特点 要对温室土壤的温湿度情况进行建模是具有很大难度的。温室环境是一个复合系统,参与其中的因素较多,而且各种不同的作物在进行呼吸和光合作用时,随着时间、地点上的不同,所对应的环境特征也大不相同,都会对湿度因子产生影响^[6]。所以说,模型的精确创建是几乎不可能完成的。事实上,对农作物来说,温室气候并不需要精确到点来建模,而是需要一个合理的范围即可。不同的农作物或同一种作物在每天不一样的时间、不同的阶段,这个

范围也是不确定的而且时时发生变化。因此,对温室的控制无法做到精确,而只是保持在合理的气候特征值之间就能满足生产要求。

1.2 土壤湿度的控制方法 常用的且适合智能控制系统来完成的方法有两种:通风换气和合理适量的浇水。

通风换气是最简易的降低温室内土壤湿度的方法,且通风天窗只有在高温时才能开启,以达到降温的效果。如果在通风天窗开启时,温度下降的速度过快,要立即关停通风天窗,防止温度过低,导致温室作物受到损坏^[7]。

浇水是让温室土壤湿度增加的主要方式。浇水要严格控制,防止土壤湿度过高。每次浇水任务完成后,最好适当通风,以均衡土壤湿度。

2 控制系统设计

2.1 单栋温室控制系统硬件架构 系统完成对温室土壤湿度的测量和控制,是以完成单个温室的模糊控制为基础的,最后由 PLC 发出控制指令。根据需要的功能和工作流程对单个温室系统设计了硬件结构框图。其中,温室的检测与控制系统包括温、湿度信息的采集和控制设备运行两大模块,如图 1 所示。

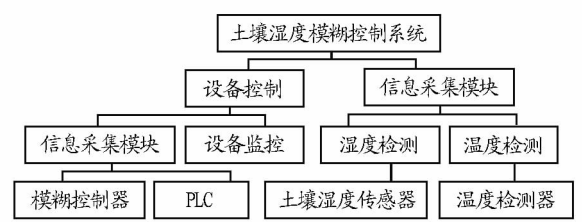


图 1 温室测控系统的系统框

2.2 模糊控制算法原理^[8] 根据温室生产的工艺过程分析,该系统的模糊算法原理如图 2 所示。

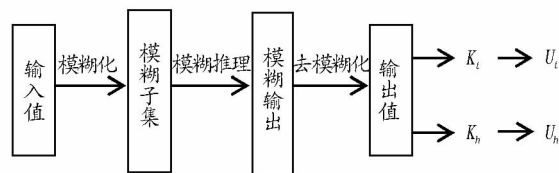


图2 模糊算法原理

2.3 模糊控制器设计 通常模糊控制器的设计需要先经过模糊化,然后是隶属度函数的选择,最后是确定模糊控制的规则和解模糊等步骤^[8-9]。

该系统的模糊控制中,以湿度误差 $E1$ 、温度误差 $E2$ 和单位时间内湿度的变化值 EC 作为输入变量。湿度误差即温室内的实时湿度值 T 和系统设定湿度 To 之间的偏差 $E1$;单位时间内湿度的变化值即两次湿度测量的变化值 EC (以 1 s 为湿度测量的时间间隔);温度误差即温室内实时温度值与理想温度值之间的偏差 $E2$ 。输出变量为滴灌和通风天窗的控制量,分别为 $y1$ 、 $y2$ 。模糊控制器结构如图3所示。

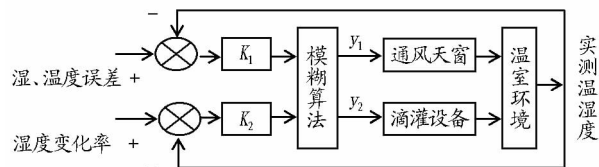


图3 温室系统模糊控制器工作流程

由以上分析可知,该温室控制系统属于多输入模糊控制。

系统在线控制中采用多维模糊控制器,其中以土壤湿度偏差 $E1$ 、土壤湿度偏差变化率 EC 和温度偏差 $E2$ 作为控制器的输入。由于温度偏差 $E2$ 并非主要影响因子,因此无需对温度偏差变化率作为输入控制量。而输出量则是分别控制滴灌和通风窗口的启闭。由此认定该系统为3输入两输出模糊控制系统。可以将该系统视为两个3输入单输出的模糊控制器^[11],模糊关系 R 为:

$$R = \bigcup_{i=1}^l \{V_{1i} \cap V_{2i} \cap V_{3i} \cap U_d\} \quad (1)$$

因此模糊控制器的输出 U_d 为:

$$U_d = V_1 \circ V_2 \circ V_3 \circ R = V_1 \circ R_1 \cap V_2 \circ R_2 \cap V_3 \circ R_3 \quad (2)$$

其中, R_k 表示二维模糊关系:

$$R_k = \bigcup_{i=1}^l \{V_{ki} \cap U_d\} \quad (K=1,2,3) \quad (3)$$

式中, l 为模糊控制规则数量; V_{ki} 为第 i 条模糊控制规则的第 k 个输入; U_d 为模糊控制器的输出量。“ $\cap$ ”为取小运算,“ $\cup$ ”为取大运算。

2.3.1 模糊控制系统输入、输出值的模糊化处理。该系统的模糊控制器输入变量分别是土壤湿度偏差 $E1$ 、土壤湿度偏差变化率 EC 和温度偏差 $E2$,输出变量分别是滴灌功能的开启和通风天窗的启闭。温度偏差和湿度偏差的模糊论域都取为 $X = \{-4, \dots, -1, 0, +1, \dots, +4\}$,语言变量选择为 $\{NB, NS, ZE, PS, PB\}$ 。选择土壤湿度的偏差变化率的模糊论域为 $X = \{-5, \dots, -1, 0, +1, \dots, +5\}$,语言变量选择为 $\{NB, NS, ZE, PS, PB\}$ 。其语言变量分别表示为负大(NB)、

负小(NS)、零(ZE)、正小(PS)、正大(PB),其中“负”表示湿度偏低,“正”表示湿度偏高。在输出值的表示中,滴灌和通风天窗的模糊论域均取 $Y = \{0, 1, 2, 3, 4\}$,滴灌的语言变量选择为 $\{DO, DA, DB\}$,通风天窗的语言变量选择为 $\{TO, TA, TB\}$,其中语言变量分别表示为滴灌关闭(DO)、滴灌半开(DA)、滴灌全开(DB)、天窗关闭(TO)、天窗半开(TA)、天窗全开(TB)^[10-11]。

为了简化设计的过程,该系统中的控制也不需要十分精确,因此所用到的隶属函数均采用三角形形式。例如,该系统中,湿度偏差、湿度偏差变化率和温度偏差的隶属函数曲线,如图4~6所示。其中横坐标为论域,纵坐标为量化因子。

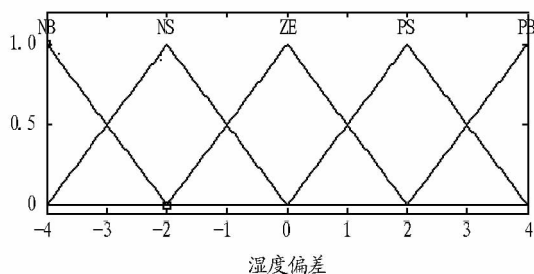


图4 湿度偏差的隶属度函数

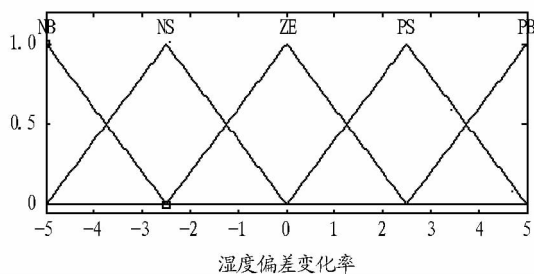


图5 湿度偏差变化率的隶属度函数

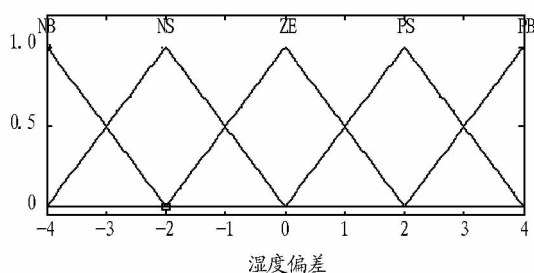


图6 温度偏差的隶属度函数

2.3.2 模糊控制规则的实现。用模糊专家控制方法来实现温室环境土壤湿度的控制,基本方法是根据测出的湿度和温度进行土壤湿度的控制,并且间接地考虑到了湿度随其他因素变化而产生的变化趋势。将经验知识总结为共125条的湿度控制规则^[8-9]。现将部分规则列出:

规则1:如果湿度很小,并且温度偏差负大,并且湿度偏差变化率很小,那么滴灌设备全开。

规则2:如果湿度很小,并且温度偏差负小,并且湿度偏差变化率很小,那么滴灌设备全开。

规则3:如果湿度很小,并且温度无偏差,并且湿度偏差

变化率很小,那么滴灌设备全开。

规则 4:如果湿度很小,并且温度偏差正小,并且湿度偏差变化率很小,那么滴灌设备全开。

规则 5:如果湿度很小,并且温度偏差正大,并且湿度偏差变化率很小,那么滴灌设备全开。

.....

采用产生式结构的控制规则表示为:

R1:IF $E1 = NB$ and $E2 = NB$ and $EC = NB$, THEN $U = DB$.

R2:IF $E1 = NB$ and $E2 = NS$ and $EC = NB$, THEN $U = DB$.

R3:IF $E1 = NB$ and $E2 = ZE$ and $EC = NB$, THEN $U = DB$.

R4:IF $E1 = NB$ and $E2 = PS$ and $EC = NB$, THEN $U = DB$.

R5:IF $E1 = NB$ and $E2 = PB$ and $EC = NB$, THEN $U = DB$.

.....

为了使系统加快运行速度,该系统在试验仿真阶段,应当适当对规则有效性加以参考,适当调整排序,使更高级的规则处于优先级。

2.3.3 模糊控制规则的 Matlab 仿真^[12]。根据上面所列出的控制规则,使用 Matlab 对根据专家经验编制出控制规则进行仿真分析,在图 7、8 中仅绘出了由湿度偏差和湿度偏差变化率作为输入,分别以滴灌和通风天窗的状态作为输出量的 Matlab 仿真结果的特性曲面。在实际运用过程中,还需要根据现场的实际情况进行适当的调整,已达到最佳的控制目的。

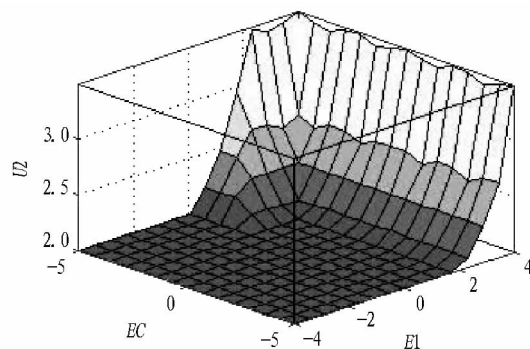


图 8 通风天窗输出特性曲面

脱传统控制方法的束缚,使温室控制更加现代化和智能化。该系统使用 Matlab 仿真后可以看出,系统是平稳的,评价是良好的,完全达到了设计的要求。

该研究主要针对现阶段温室环境控制情况,构建出了一套操作简便的温室土壤湿度控制系统。该系统采用模糊控制器作为控制核心,以 PLC 作为系统的下位机,可以实现模糊控制和 PLC 的联合控制系统。

在未来的研究中应更加注重控制规则的设计,针对不同的作物特性,采用不同的模糊控制规则,并且建立相应的控制规则库,从而可以简化对温室控制规则的设计,针对不同的作物,实现规则库的直接调用即可设定不同作物的理想生长环境。

参考文献

- [1] 张晓文,玉影,邹岚,等.中国设施农业机械装备的现状与发展前景[J].农机化研究,2008,5(1):229-231.
- [2] 胡建,肖雨.现代设施农业与传统农业的比较研究[J].科技创新导报,2009(5):219.
- [3] 葛志军,傅理.国内外温室发展现状与研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(35):15751-15753.
- [4] 周长吉.现代温室工程[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [5] 杜尚丰,李迎霞,马承伟,等.中国温室环境控制硬件系统研究进展[J].农业工程学报,2004,20(1):7-12.
- [6] 胡建,李伟清.几种常见类型温室的结构特点综述[J].现代化农业,2007(2):35-37.
- [7] 谭静芳,刘成勋.浅谈温室自动控制技术的发展概况[J].农业装备技术,2005(10):21-23.
- [8] 克鲁格曼.模糊数学[M].北京:中信出版社,2009.
- [9] 杨纶标,高英仪.模糊数学原理及应用[M].广州:华南理工大学出版社,2006.
- [10] 陈慕君,张剑锋.温室大棚温湿度检测系统的模糊控制器设计[J].科技创新与生产力,2012(9):101-103.
- [11] 金玉龙.温室群控系统的设计与实现[D].杭州:浙江大学,2013.
- [12] 夏玮,常春藤.MATLAB 控制系统仿真与实例详解[M].北京:人民邮电出版社,2008.

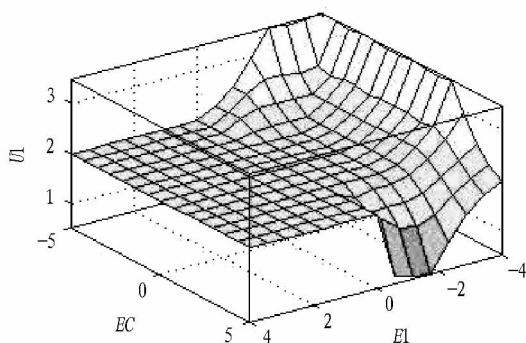


图 7 滴灌输出特性曲面

3 结论与讨论

该研究是采用 PLC 作为温室系统的控制执行器,结合模糊控制的算法和经验丰富的技术人员设定的专家控制规则,建立了模糊控制器,可以实现土壤湿度的自动控制,从而摆

(上接第 10728 页)

参考文献

- [1] 黄冠胜.探索中国特色动植物检验检疫之路[N].中国国门时报,2013-03-18(3).
- [2] 李橙.RFID 技术在进出境动植物检验检疫监管中的应用[J].检验检疫科学,2007,17(5):78-80.
- [3] 张建华,崔建臣,张金良,等.北京市引进花卉植物检疫存在问题与监管措施的应用[J].中国农学通报,2005,21(12):333-335.
- [4] 曾翔,王耀良.动植物检疫后续监管工作初探[J].中国动物检疫,1998,15(1):42-43.
- [5] 彭发青.宗靖,董英谦,等.进境种苗检疫监管探讨[J].植物检疫,2002,16(4):242-244.

- [6] 黄箭,李志伟,梁琼超,等.进境种苗存在的问题浅析及检疫监管方法初探[J].检验检疫科学,2006,16(S1):100-102.
- [7] 沈其林,王学,张晓勇.进境皮张疫情防控及后续监管的实践与探索[J].中国检验检疫,2009(11):20-21.
- [8] 宁月明,陈洪俊.内外检统一是做好进口种苗检疫的关键[J].植物检疫,1993,7(5):391-392.
- [9] 王旭,朱伟祖.上海空港进境种苗隔离检疫监管新方法及其效果初报[J].植物检疫,2003,17(3):163-165.
- [10] 周明华,杜国兴,陈正桥.适应入世要求 强化植物检疫监管[J].植物检疫,2003,17(2):102-105.
- [11] 沈雪林,钱兰华,蔡平.加强外来种子种苗检疫监管防止有害物种进境[J].种子科技,2008(1):11-13.