

张 兵, 黄文生, 王 荣. 基于可编程逻辑控制器的智能化灌溉控制系统研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 374-376.

基于可编程逻辑控制器的智能化灌溉控制系统研究

张 兵, 黄文生, 王 荣

(常州工学院电子信息与电气工程学院, 江苏常州 213002)

摘要:适宜的土壤水分对作物生长和高产具有重要的意义。为建立适合大田作物的对土壤水分进行控制的系统, 采用土壤相对湿度和土壤含水率变化率来构建灌水量需求模型, 首先由土壤湿度传感器将检测到的水分信息传输到可编程逻辑控制器(PLC), 再根据所建立的模糊规则推理作物灌水量, 进而对电磁阀执行有效的控制。通过 MATLAB 仿真表明, 该系统能快速推理得到作物的实时需水量, 适合多种环境下不同作物的灌溉需求。

关键词:模糊控制; 可编程逻辑控制器; 土壤相对湿度; 含水率变化率

中图分类号: S274.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0374-03

我国是贫水大国, 人均水资源仅为世界平均水平的 1/4。近年来, 随着我国工业的快速发展、城镇化建设的加快以及人民生活水平的提高, 农业用水必须走节水之路。农业节水包括农艺节水、工程节水和管理节水等^[1]。

随着国家对农业投入的加大以及农民收入的增加, 近年来, 喷灌、微灌以及滴灌技术在我国得到了大量的应用, 并获得了非常显著的节水效果; 但与此同时, 由于农民技术水平有限、农田分散等原因, 灌溉自动化技术虽然在示范过程中有一定的应用, 但在我国的大田灌溉中还没有得到普及, 还基本停留在人工操作上^[2]。目前, 灌溉控制系统的硬件主要有单片机、工控机和可编程逻辑控制器(PLC), 其中单片机系统具有价格便宜、灵活性高的优点, 但是稳定性较差; 工控机虽然稳定性较好, 但是价格昂贵, 普及性不高; PLC 控制系统具有稳定性高、易操作和编程便捷等优点, 因而在灌溉控制系统中得到了大量应用^[3]。以往的精确控制模型虽然技术成熟, 但作物需水量却很难用精确的数学模型来表达; 而随着模糊数学

和模糊控制技术的发展, 模糊控制模型能很好地推理出作物的灌水量。本研究即采用 PLC 控制器作为硬件, 采用模糊控制模型作为软件来对大田灌溉进行实时控制^[4]。

1 控制系统的硬件设计

本研究所建立的硬件系统为集散控制系统, 下位机选择日本三菱公司的 FX2N-48MR 作为硬件系统, 该 PLC 输入输出点共 48 点(输入 24 点, 输出 24 点), 供电电源为 24 V 直流电, 下位机主要完成对土壤湿度传感器采集到的数据进行处理的工作; 上位机为 PC 机, 主要完成批量数据的存储、模糊控制模型的执行运算、各类图表的显示等处理工作。在大田中埋设的多个传感器通过多路开关相连, 多路传感器的输出经 A/D 转换后送入 PLC 系统, 土壤湿度传感器选择北京宝力马传感器技术有限公司生产的 S302H 土壤湿度传感器, 硬件系统的结构框如图 1 所示。

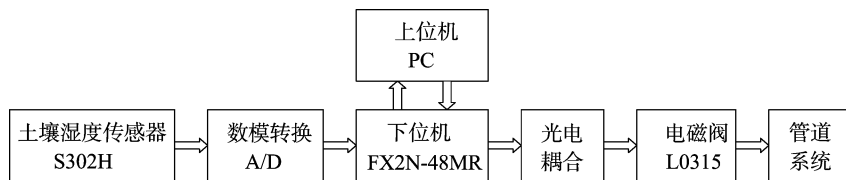


图1 控制系统的硬件结构图

2 灌溉智能化控制模型

根据土壤湿度或作物生理电特性等单一量构建的灌溉决策精确模型已经在灌区自动化领域得到了一定的应用, 但是由于作物的需水信息很难用精确的数学模型表达, 并且农田灌溉经验多数是由常年从事农业生产的农民总结得到的, 这

些经验也同样很难用精确的数学模型来表达; 而模糊控制是以模糊数学为基础的、以模糊语言来构建控制策略的, 其中模糊控制器是控制系统的核心。本研究即采用模糊控制对大田作物灌溉系统进行控制^[5]。

2.1 模糊控制系统的结构

模糊控制系统有多种结构, 本研究采用双输入单输出的推理系统, 根据多年经验设计离线模糊控制表, 通过 MATLAB 仿真工具箱对模糊控制表进行优化, 在实际控制中通过查表和数据转换得到实际的控制量^[6-7], 所建立的模糊推理系统的推理过程如图 2 所示。

2.2 隶属度函数

在作物灌溉过程中, 常把田间持水量作为判定作物是否缺水的关键指标。根据多年的灌溉实践经验, 作物过度的水

收稿日期: 2012-12-31

基金项目: 2013 年农业部农业信息服务技术重点实验室开放课题 (编号: 2013-AIST-01)。

作者简介: 张 兵(1976—), 男, 山西大同人, 博士, 副教授, 主要从事节水灌溉智能决策、优化灌溉控制技术研究。E-mail: zhangb@czu.cn。

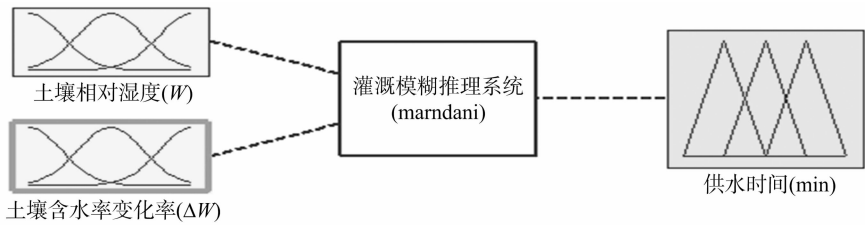


图2 模糊推理系统

分亏缺将对其生长产生严重的抑制,而适度的水分亏缺可以增强作物的渗透调节机能,抑制作物体内养分和能量的过度消耗,有助于作物的生长和用水效率的提高。本研究设计的模糊推理系统的输入量为土壤水分差值(W)和土壤含水率变化率(ΔW),输出量为供水时间(T)。作物适宜的土壤湿度为田间持水量的 65% ~ 75%,供水时间基准输出值为 15 min。 W 对应的语言变量为过度供水(PB),充分供水(PS),适宜水分(ZR),水分亏缺(NS),严重缺水(NB); ΔW 对应的语言变量为水分损耗严重(NB),水分损耗不大(NS),水分几乎无损耗(ZE),水分增加少(PS),水分增加多(PB);输出对应的语言变量为不灌溉(ZW),微量灌溉(PS),少量灌溉(PT),中量灌溉(PM),长时灌溉(PB)。输入输出隶属度函数选取三角函数,详见图 3。

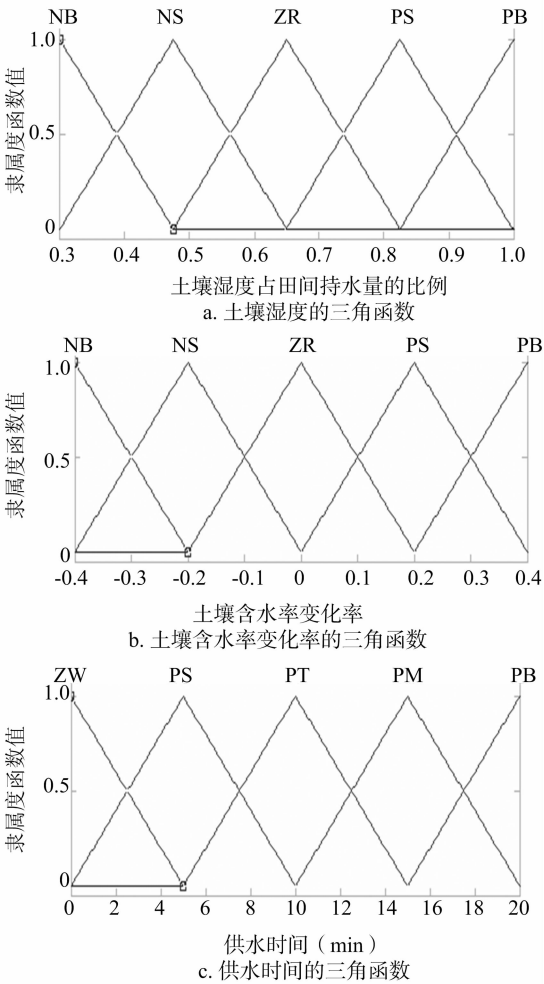


图3 模糊推理系统的输入输出隶属度函数

2.3 隶属度函数

作物灌溉模型受作物、气候和土壤等多种因素的影响,很难用精确的数学函数来表达,而模糊控制不依赖于系统精确的数学模型,它是基于长期灌溉经验的总结,并具有自我学习功能。模糊集合和模糊运算分别是模糊逻辑的主题和推理的过程,隶属度函数是表达模糊模型的最佳语言。本研究设计的模糊控制模型用模糊控制状态表来表达,详见表 1。

表 1 模糊控制状态

$W, \Delta W, T$	PB	PS	ZR	NS	NB
NB	ZW	ZW	PS	PB	PB
NS	ZW	ZW	PS	PM	PB
ZE	ZW	ZW	PS	PT	PM
PS	ZW	ZW	PS	PT	PM
PB	ZW	ZW	PS	PS	PM

2.4 模糊推理仿真试验

根据所建立的模糊推理模型,打开曲面观测器,可以得到模糊推理曲面,详见图 4。

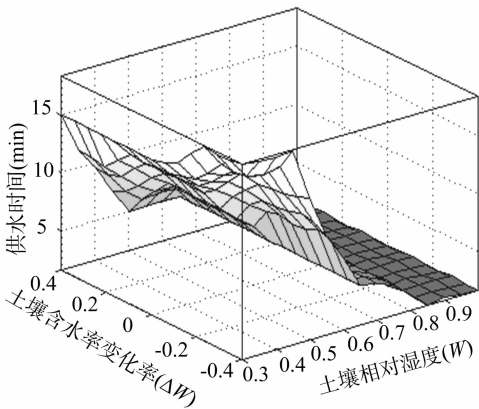


图4 模糊推理曲面

从图 4 可以看出,作物灌溉供水时间与土壤相对湿度及土壤含水率变化率具有相关关系:在土壤含水率变化率不变的情况下,土壤相对湿度越小(意味着土壤水分越小),作物达到适宜生长所需要的灌溉时间越长,而灌溉时间越长,灌水量越大;在一定的土壤相对湿度情况下,土壤含水率变化率对灌溉供水时间也具有一定影响,当作物水分亏缺时,土壤含水率变化率越小(意味着水分损耗严重),作物达到适宜生长所需的灌溉时间越长。相对而言,土壤相对湿度是影响供水时间长短的主要因素,而土壤含水率变化率是次要的影响因素。

本研究设计的模糊推理系统能根据输入的量快速得到灌溉供水时间,例如当 $W=0.55, \Delta W=0.2$ 时,推理得到供水时间为 7.79 min。具体的推理过程如图 5 所示。

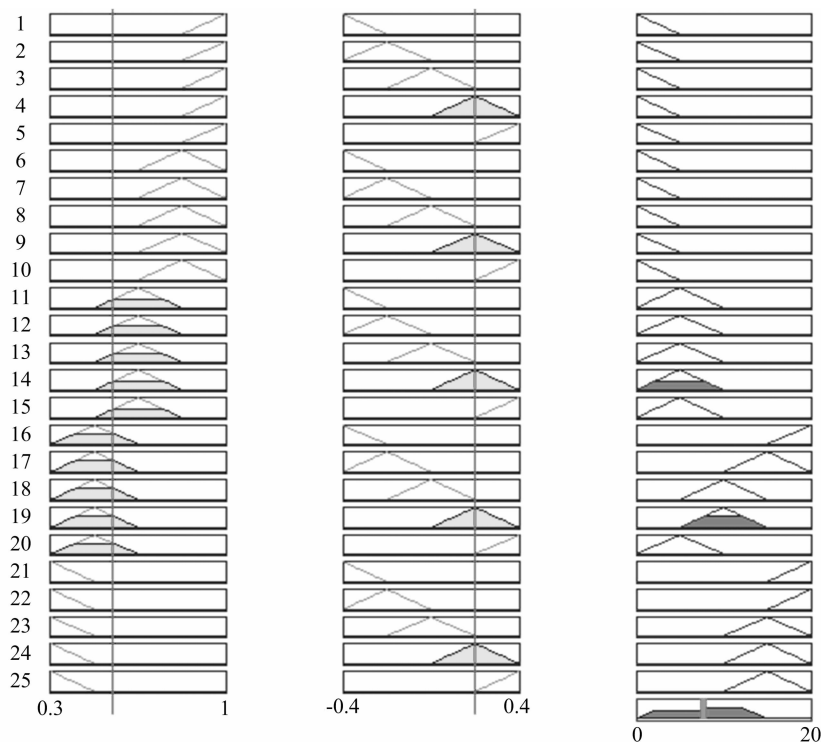


图5 模糊推理计算过程

3 控制系统软件设计

上位机软件使用 VB 语言设计,主要完成对大量数据的保存和参数的监控。下位机编程软件为三菱公司开发的 FXGP_WIN_C,编程语言为梯形图。为对灌溉控制系统实现远距离的监控,需要在 PLC 和 PC 机之间进行通信,通信软件采用 VB 编程软件中的 MSComm。

4 结论

本研究以土壤相对湿度和土壤含水率变化率为依据,构建了灌水量需求模型,先由土壤湿度传感器将检测到的水分信息经数模转换传输到 PLC,然后根据所建立的模糊规则推理作物的灌水量,进而对电磁阀执行有效的控制。仿真试验表明,该系统能快速地推理出作物的供水时间,适合多种环境下不同作物的灌溉,对作物生长和作物高产具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 吴普特,冯浩. 中国节水农业发展战略初探[J]. 农业工程学报,2005,21(6):152-157.
- [2] 袁浩,罗勇,王启平,等. 节水灌溉工程管理模式初探[J]. 节水灌溉,2001(4):38-39.
- [3] 谢守勇,李锡文,杨叔子,等. 基于 PLC 的模糊控制灌溉系统的研制[J]. 农业工程学报,2007,23(6):208-210.
- [4] 谢守勇. 重庆型智能温室控制系统的研究[J]. 西南农业大学学报,2000(增刊):14-16.
- [5] 张兵,黄文生,韩霞,等. 基于叶片生理电容及土壤湿度的玉米灌溉决策系统[J]. 中国农村水利水电,2011(10):24-25.
- [6] 章正斌,吴汝善,于健. 模糊控制工程[M]. 重庆:重庆大学出版社,1995.
- [7] 楼顺天,胡昌华,张伟. 基于 MATLAB 的系统分析与设计——模糊系统[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.

第九届全国鲜食玉米大会暨甜、糯玉米节将在长春召开！ 同期举办速冻果蔬技术交流与市场分析会

第九届全国鲜食玉米大会暨甜、糯玉米节将于 2013 年 8 月 13-15 月在长春召开,业内知名企业温岭市雁鸣粮食机械厂、阿根廷博收种子有限公司、唐山鼎晨食品有限公司、先正达中国、北京华奥农科玉育种开发有限责任公司、杭州大宏农业开发有限公司、上虞市五叶食品机械有限公司、诸城市良工机械有限公司、辽宁曙光农业专业合作联社、巴斯夫(中国)有限公司、秦皇岛市昌黎福旺食品设备有限公司共同协办。大会包括全国鲜食玉米产业高峰论坛、全国鲜食玉米产销行情分析与供求对接会、鲜食玉米与速冻果蔬加工技术交流与市场分析会、鲜食玉米育种家论坛、国内外 260 个鲜食玉米品种试种观摩、鲜食玉米与速冻果蔬产品展洽订货会、鲜食玉米与速冻果蔬设备展洽订货会等精彩内容。大会组委会诚邀您光临!

联系电话:0431-86931008,传真:0431-87835765,大会网站:www.nongtewang.org(农特网),邮箱:ntcpjg@126.com。