

杨国威,王福平. 基于模糊控制技术的马铃薯储藏环境智能监控系统设计[J]. 江苏农业科学,2017,45(22):244-247.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.066

基于模糊控制技术的马铃薯储藏环境智能监控系统设计

杨国威¹, 王福平²

(1. 北方民族大学创新创业学院, 宁夏银川 750021; 2. 北方民族大学电气信息工程学院, 宁夏银川 750021)

摘要:针对马铃薯在储藏过程中对环境的要求,在充分研究影响马铃薯储藏因素的基础上,分析马铃薯不同储藏阶段的环境参数要求,提出以模糊控制技术为核心的温度、湿度、二氧化碳浓度采集控制系统。储藏库中的单片机将传感器采集的环境参数数据通过通用分组无线服务(GPRS)模块传输到服务器数据库,将马铃薯储藏阶段的环境要求和模糊控制技术结合,系统对单片机发出指令,通过控制继电器来控制环境调节设备,以达到最佳储藏环境的要求。结果表明,该系统能够准确地控制马铃薯储藏环境参数的变化,保证马铃薯处于最佳储藏环境。

关键词:马铃薯;单片机;模糊控制;GPRS;储藏环境;智能监控

中图分类号: TP273+.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)22-0244-03

西北地区为干旱、半干旱气候,光照强,昼夜温差大,气候凉爽,适合马铃薯种植,其种植面积广阔。随着我国马铃薯主粮化战略的启动,进一步推动了马铃薯产业的发展。人们对马铃薯营养价值的认知度有所提高,结合马铃薯加工技术的发展,对马铃薯的需求量越来越大,种植面积也在不断增长。目前,新疆、甘肃、宁夏、内蒙古等地区的马铃薯加工企业已有一定的规模,分别分布在产业的原料生产、粗加工、深加工等领域^[1],但是,与发达国家相比,我国马铃薯产业的发展水平总体落后,经济效益没有完全发挥出来^[2]。在马铃薯储藏方面,我国目前的储藏方式相对落后。以宁夏地区为例,储藏库基本依赖于自然环境,人为干预因素较少。

为了使整个马铃薯储藏库各个角落的温度、湿度控制在最佳值,必须先获取准确的环境参数^[3]。本试验针对宁夏地区南部山区马铃薯的大面积种植和大量储藏,设计了1套集监测、决策和控制为一体的马铃薯储藏库环境智能监控系统。根据每个储藏库不同的建筑结构和建筑面积,采用不同数量的采集节点设计,节点之间通过485通信方式组成一个合理的信息采集网络。同时建立1套模糊控制系统,以达到对马铃薯储藏环境参数的有效控制,提高马铃薯储藏的经济效益。

1 系统方案设计

如图1所示,马铃薯储藏环境远程监测系统由节点传感器模块、下位机控制中心、显示模块、执行模块和远程监控中心等组成。

根据马铃薯储藏库结构和面积的不同,须要部署的传感

器节点数量不同^[4],利用485总线技术,可以为节点数量的增加和减少提供较大的方便^[5]。节点传感器采集到的信息通过485总线传输到下位机控制中心,经过单片机处理之后,环境参数信息一方面进行显示,另一方面将数据通过数据传输单元(DTU)中的通用分组无线服务(GPRS)模块传送至计算机中的数据库,GPRS模块与计算机通过网络连接,利用传输控制协议(TCP)进行通信。远程监控中心通过调用数据库中的信息,利用模糊控制技术分析判断,计算出每种设备的工作时间,并将设备的工作时间存储至数据库中,同时将控制信号通过GPRS发送至下位机,下位机对执行模块下达控制命令。用户可以通过登录浏览器查看实时采集和上传的环境参数信息和控制信息。

2 智能控制器设计

马铃薯储藏可分为入库阶段、储藏阶段和出库阶段,每个阶段的环境参数需求各不相同。本试验就马铃薯储藏休眠阶段的温度参数需求,对模糊控制规则表的设计进行详细说明,其他阶段设计方法均一致。

2.1 模糊控制器的设计

如图2所示,本试验设计的模糊控制器是一个双输入-单输出二维温度参数调节模糊控制器。该模糊控制系统能根据设定的温度参数,通过对输入量的模糊化,并利用知识库和专家经验进行模糊推理设计控制规则,最后对输出量进行反模糊化,从而控制继电器的开关,实现对温度设备的控制。

2.2 模糊控制器参数确定

在马铃薯储藏阶段,以环境温度作为控制临界点,输入变量为环境温度值偏差 $e(t)$,变化率为 $ec(t)$,输出量为继电器控制时间 $u(t)$,采样周期为20 min。吴晓玲等的研究表明,0~4℃短期贮藏时,马铃薯蛋白质的含量最高,适合鲜食马铃薯的贮藏^[6]。设置偏差 $e(t)$ 的基本论域为 $[-4, 4]$,经过几个采样周期的测定,温度值偏差变化率 $ec(t)$ 的论域为 $[-1.8, 1.8]$ 。通过试验,结合现有设备,当温度从偏差值上

收稿日期:2016-06-16

基金项目:国家自然科学基金(编号:61261045);宁夏高校科研项目(编号:NAY2015150)。

作者简介:杨国威(1990—),男,山东青岛人,硕士研究生,主要从事信息检测与计算机控制技术研究。E-mail: ygw0706@126.com。

通信作者:王福平,教授,主要从事信息检测与计算机控制技术等方面的研究。E-mail: w_fuping@126.com。

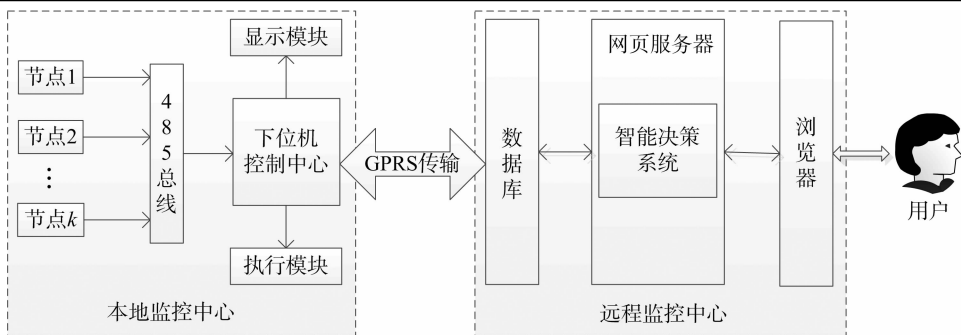
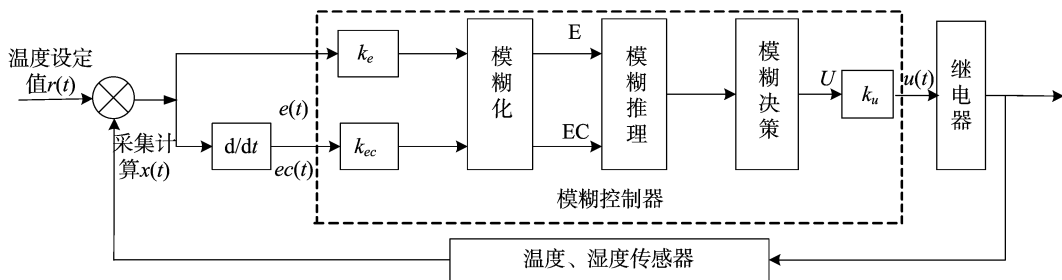


图1 马铃薯储藏环境智能监测系统结构



$e(t)$ —环境温度值偏差; $ec(t)$ —环境温度值偏差变化率; k —设定参数; $u(t)$ —系统的输出量

图2 模糊控制系统结构

升到正常值,所需时间约为 30 min,故系统的输出量 $u(t)$ 的论域为 $[0,40]$ 。本系统设计的模糊控制器 2 个输入变量的语言值的个数均为 7 个,输出变量的语言值的个数也为 7 个,如下所示:

$$\begin{aligned} M_{e(t)} &= \{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB\}; \\ N_{ec(t)} &= \{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB\}; \\ Y_{u(t)} &= \{ZO, PS1, PS2, PM1, PM2, PB1, PB2\}. \end{aligned}$$

式中: $M_{e(t)}$ 、 $N_{ec(t)}$ 、 $Y_{u(t)}$ 分别为 $e(t)$ 、 $ec(t)$ 、 $u(t)$ 的语言值模糊矩阵。

根据设计标准,将输出变量 $e(t)$ 和 $ec(t)$ 的量化论域均设计为 $[-6,6]$,输出变量 $u(t)$ 的量化论域设计为 $[0,6]$ 。

计算出输入变量 k_e 、 k_{ec} 的量化因子,输出变量 k_u 的比例因子分别为 $k_e = \frac{6}{8} = 0.75$ 、 $k_{ec} = \frac{6}{1.8} = 3.3$ 、 $k_u = \frac{30}{6} = 5$ 。

2.3 模糊变量的语言赋值表

本试验所设计的模糊控制器,其模糊数的隶属函数选用三角隶属函数^[7]。 $e(t)$ 和 $ec(t)$ 的隶属函数相同,如图 3 所示; $u(t)$ 的隶属函数如图 4 所示。

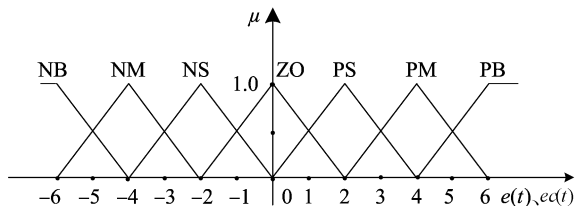


图3 输入变量为环境温度值偏差和其变化率的隶属函数图形

模糊控制规则主要来自专家的知识库和工作人员的经验^[8]。在马铃薯储藏环境控制过程中,目的是使储藏库的环境参数维持在马铃薯所需要的参数值范围内。例如,当温度偏差值 >0 时,温度偏差变化率也 >0 ,表示此时储藏库温度

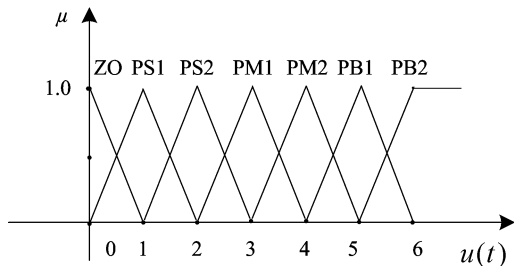


图4 输出量为继电器控制时间的隶属函数图形

过低,并且温度降低程度加剧,因此,此时须要打开继电器控制的加热设备。本系统的模糊控制器共有 49 条条件语言,因此,将实际控制策略汇总于这 49 条条件语言中,如表 1 所示。

表 1 模糊控制规则

$ec(t)$	$e(t)$						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
NM	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
NS	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	PS1	PS2
ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	PS1	PS2	PM1
PS	ZO	ZO	ZO	PS1	PS2	PM1	PM2
PM	ZO	ZO	PS1	PS2	PM1	PM2	PB1
PB	ZO	PS1	PS2	PM1	PM2	PB1	PB2

为了加快控制的运算速度,先将模糊控制器离线设计成模糊控制表,然后以表格的形式存放于计算机中,形成模糊控制查询表^[9]。

首先,计算出每条条件语句的模糊关系 $R_i (i=0,1,2,\cdots,49)$,其计算公式如下:

$$R_i = [M_{e(t)}^T \circ N_{ec(t)}]^T \circ Y_{u(t)} \circ \quad (1)$$

式中: $M_{e(t)}$ 、 $N_{ec(t)}$ 、 $Y_{u(t)}$ 分别为 $e(t)$ 、 $ec(t)$ 、 $u(t)$ 的语言值模糊矩阵; T 表示把矩阵排成列向量形式; \circ 表示笛卡尔积运算。

将 49 个模糊关系分别求出便可以求出该模糊控制规则表的模糊关系 R ,其计算公式如下:

$$R = R_1 \cup R_2 \cup R_3 \cdots \cup R_{49}。$$
 (2)

式中:根据规则表的输入量量化论域的某一值的模糊集合,结合模糊关系 R ,计算出输出量,其计算公式如下:

$$u_{(e,ec)} = [m_{e(t)}^T \cdot n_{ec(t)}]^H \cdot R。$$
 (3)

式中: $m_{e(t)}$ 、 $n_{ec(t)}$ 表示输入量量化论域中某一值对应的模糊矩阵; H 表示把矩阵排成行向量形式。

根据公式(1)、公式(2)、公式(3),结合隶属函数,计算出各个输出模糊量,使用加权平均法去模糊化,便可得到输出精确度,将所得结果绘制成表格形式如表 2 所示。

表 2 模糊控制查询

ec	e												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
-1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3
1	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4
2	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4
3	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5
4	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
5	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5
6	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6

3 试验分析

3.1 仿真试验

利用 MATLAB 软件进行仿真试验,得到系统输出量的曲面图。如图 5 所示,曲面图中每个坐标轴分别表示 1 个模糊变量,模糊变量论域由坐标轴的范围表示。将输出变量的曲面图与模糊控制查询表进行比对,更有利于模糊控制表设计的合理化^[10]。

对于系统的响应稳定时间,利用 MATLAB 软件对整个系

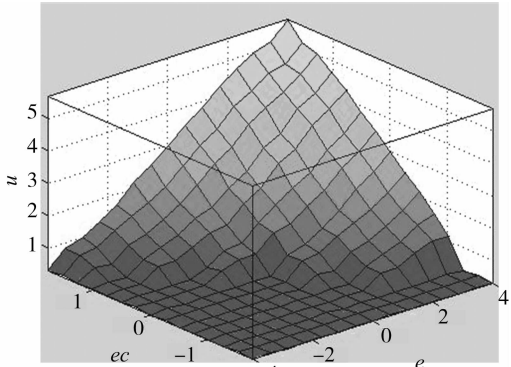


图 5 输出变量曲面

统进行仿真试验^[11]。由图 6 可知,该系统约在 35 s 时,系统表征量 M 输出值趋于稳定,可见系统的稳定响应时间大约在系统开始运行 35 s 之后,可以较好地对其进行控制。

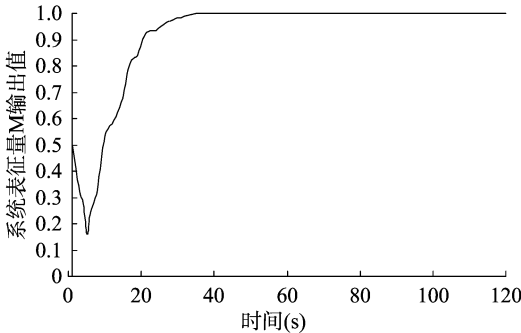


图 6 系统响应时间仿真结果

3.2 控制试验

该系统是针对马铃薯储藏阶段设计的模糊控制器,根据分析将其参数标准值设置为 3,差值论域上限为 4,差值论域下限为 -4,差值变化率上限为 1.8,差值变化率下限为 -1.8,量化因子 k_e 为 0.75,量化因子 k_{ec} 为 3.3,比例因子 k_u 为 5,采样周期为 20 min。

控制决策信息显示界面如图 7 所示,图中显示的为 2015 年 4 月 20 日 09:00—16:00 的决策信息,通过该界面可以查看系统决策出的控制时长,每个采样周期决策 1 次。

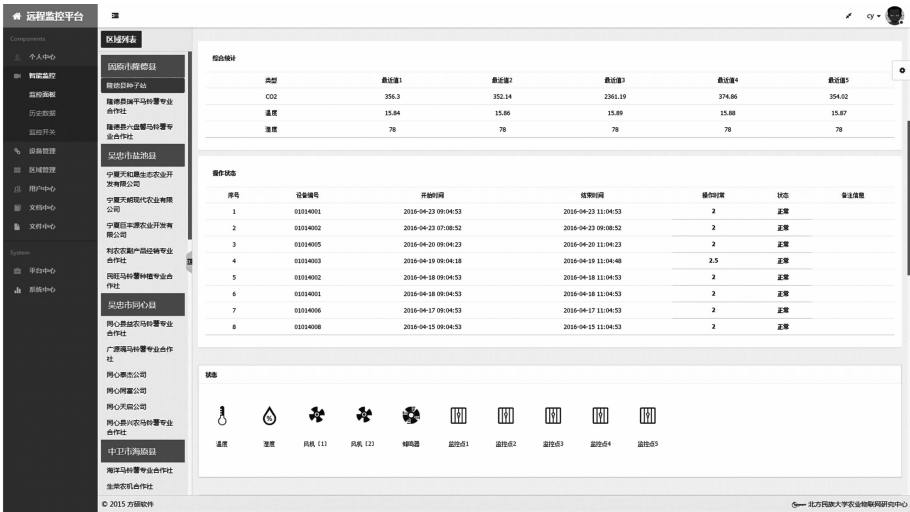


图 7 参数信息和决策信息显示界面

白秋产. 基于物联网的农田智能灌溉系统[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(22): 247–251.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.067

基于物联网的农田智能灌溉系统

白秋产

(淮阴工学院自动化学院, 江苏淮安 223003)

摘要:针对基于物联网的智能灌溉系统对灌溉水量计算精度不足的问题,提出一种基于物联网的智能农田灌溉系统。综合考虑土壤的湿度与温度、空气的湿度与温度、风速、光照时间等环境因素,此外也考虑雨水、土壤中根区域的水量、作物蒸发量以及通过毛细上升到作物根部的地下水水量等自然补水因素,并利用自然环境的历史数据,进一步提高灌溉水量的预测精度。物联网使用高效率的无线传感器网络协议,使网络的生命期最大化。真实的农田试验结果表明,本系统可有效地降低农田灌溉的用水量,并且在传感器网络的周期与灌溉水量之间达到较好的平衡。

关键词:智能农业;智能灌溉系统;灌溉水量;物联网;环境因素;预测精度;传感器网络;路由协议;网络生命期

中图分类号: S277.9;S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)22-0247-05

农业是社会经济的支柱性产业,尤其是农村地区对农业经济的依赖度极高^[1]。据分析^[2],世界上约有 60% 的水资源用于农作物灌溉,所以提高灌溉水资源利用效率可极大地降低农业生产的成本,高效的智能灌溉系统是农业工程领域的一个重点。

许多研究人员利用物联网采集农田环境、土壤的参数,根据指定的环境调节灌溉的供水量与灌溉时间^[3]。将物联网与农业生产结合,主要有以下几个优点:(1)基于可用的水供应制定农田的灌溉计划^[4];(2)最小化人力成本、管理成本与

时间^[5];(3)提前预测水涝等自然灾害,通过适当地抽水防止农田被破坏;(4)协调农业生产的各个环节;(5)基于传感器网络建立知识库,用于对未来的预测^[6]。王连胜等根据物联网的基本原理和体系结构,提出基于物联网的现代农业节水灌溉网络体系^[7];安进强等通过 ZigBee 网络实现园区土壤墒情信息的共享,根据采集到的土壤墒情信息制定灌溉决策^[8]。虽然许多研究通过物联网技术实现了农田自动灌溉系统,但此类方案考虑的环境因素并不全面,对灌溉用水量的预测也并不精准。

为对农田灌溉水量实现精准的预测效果,应当全面考虑土壤、空气环境与当地的气候条件。本研究基于无线传感器网络(wireless sensor network,简称 WSN)^[9]设计一个集成的系统,综合考虑土壤的湿度与温度、空气的湿度与温度、风速与光照时间等环境因素,此外也考虑雨水、土壤中根区域的水

收稿日期:2016-10-21

基金项目:江苏省淮安社会发展项目(编号:HAS2013046)。

作者简介:白秋产(1971—),男,陕西咸阳人,硕士,副教授,研究方向为检测与控制、信息处理。E-mail:bqcbzn@163.com。

系统默认的第 1 次采集的环境温度值为 9.82℃,系统从 09:00 开始运行,此时便开始第 2 次环境温度信息采集,通过这 2 个数据进行决策,此时系统得出的决策信息精确性比较差,执行模块对第 1 次决策信息不进行操作,因此系统实际控制继电器是从第 2 次决策开始。

4 结论

本试验对马铃薯不同储藏阶段中的一个储藏阶段的模糊控制环境参数调节系统进行阐述,该系统主要是利用模糊控制技术,通过传感器采集环境参数信息,开发设计 1 套马铃薯储藏环境管理平台,能够在平台上监控马铃薯储藏库的实时环境信息并进行控制。结果表明,该系统能够根据马铃薯储藏库的环境变化达到适时、适度的自动控制效果。

参考文献:

- [1] 田世龙,李守强,李梅,等. 西北马铃薯贮藏现状分析及建议[J]. 农业工程技术(农产品加工业),2012(8):36-40.
- [2] 熊新荣,胡兵,王小娟,等. 马铃薯储藏库的温湿度控制方案研究[J]. 陕西农业科学,2015,61(10):43-46.

- [3] 尹飞凰,高舸. 适宜马铃薯储藏的环境参数智能调节系统[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):374-376.
- [4] 吴琼,张长利,董守田. 马铃薯贮藏环境监测系统设计[J]. 农机化研究,2013,35(1):138-140,163.
- [5] 邵明,李双田. 基于 RS485 通信方式的多单片机控制系统[J]. 微计算机应用,2008,29(7):109-112.
- [6] 吴晓玲,任晓月,陈彦云,等. 贮藏温度对马铃薯营养物质含量及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(5):220-222.
- [7] 邱中华,李雷. D.C. 隶属函数模糊集及其应用(Ⅱ)——D.C. 隶属函数模糊集的万能逼近性[J]. 模糊系统与数学,2006,20(2):50-60.
- [8] 王福平,丁思发,段明辉. 引黄灌溉中专家决策系统的设计与实现[J]. 节水灌溉,2015(1):82-85.
- [9] 何春哈,任开春,苏丹. 模糊控制器的设计与阈值误差的选取[J]. 工业控制计算机,2009,22(10):40-41.
- [10] 刘永,彭正洪. 基于 MATLAB 的模糊逻辑控制系统的设计与仿真[J]. 武汉大学学报(工学版),2008,41(2):132-135.
- [11] 罗斌,冯辉,唐义锋. MATLAB 软件在系统稳定性分析与仿真中的应用[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版),2010,28(4):530-533.