

商品猪养殖解耦控制系统

洪剑青, 马从国, 孙月平 (江苏省镇江市高等专科学校, 江苏镇江212003)

摘要 针对商品猪的养殖现状, 构建了一种适合中国国情的肉用猪高效安全的智能养殖系统。该系统可对工厂化商品猪的养殖过程进行信息跟踪, 解决了商品猪高效养殖、小气候控制等关键问题。江苏省镇江某养殖基地的长期运行实践表明, 该系统操作简便、安全高效。

关键词 模糊控制; 神经网络; 解耦

中图分类号 S815.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)15-07197-02

Decoupling Control System for Commercial Pig Raising

HONG Jian-qing et al (Zhenjiang Junior College, Jiangsu Province, Zhenjiang, Jiangsu 212003)

Abstract Aiming at the raising situation of commercial pig, a kind of safe and highly active intelligent raising system for porker raising that fitting chinese national conditions was constructed. This system could track the information of commercial pig in process of industrial raising, and solved the key problems of high effective raising of commercial pig and microclimate controlling. The long-term operation practice in Zhenjiang breeding base, Jiangsu Province showed that the system was safe and high efficient with simple operation.

Key words Fuzzy control; Neural network; Decoupling

商品猪养殖是一项复杂的系统工程, 养殖过程中存在着许多技术、信息、管理和养殖环境控制等方面的问题, 高新技术推广工作也比较薄弱, 养殖户在遇到问题时无法及时解决, 从而延误了最佳养殖时机, 甚至造成严重的经济损失。养殖环境资源高效利用模式优化与技术集成是实现养殖资源高效利用的关键, 目前, 我国商品猪管理正处于从传统的主要依靠经验的管理决策到科学决策管理的过渡阶段, 不能对生猪资源状况的变化作出迅速反应和适时决策, 也不能保证资源高效利用模式的普遍实施。笔者将生猪养殖专家的技术知识、科研成果以及养殖户的长期实践经验与计算机技术和现场总线技术等相结合, 建立了一套综合性、智能化商品猪养殖智能控制系统, 该系统可对商品猪养殖的全过程进行指导、决策、诊断, 也可对养殖环境进行控制, 不仅使养殖技术得以推广和继承, 对养殖生产实践给予指导, 还可提高广大养殖专业户对养殖的科学管理水平和决策能力。

1 系统组成原理及设计

商品猪养殖智能监控系统由3层网络组成: 现场控制层, 即猪舍环境控制和现场信息采集层; 集中监控层, 即养殖中心, 对养殖过程的环境进行集中监控, 并可进行专家咨询、预防免疫和接种、育种和生产管理等; 可溯源层, 即安全猪肉全程可追溯系统(简称“猪肉追溯系统”), 主要包括生产养殖、屠宰和猪肉加工、超市销售3个应用子系统, 实现商品猪从种猪育种、养殖、屠宰、销售等环节的质量追溯, 系统结构如图1所示^[1]。

为了提高系统的养殖效益和整个系统的可溯源管理, 该系统在养殖终端设计了专家养殖和生产管理, 可在线咨询、管理及上传生产、监控、防疫、接种等相关信息。采用CAN现场总线为底层通信网络, 采集商品猪生长环境的小气候信息并控制商品猪的生长环境。

2 养殖环境控制算法

现场控制器主要基于模糊神经网络解耦的智能控制器

对商品猪生长的小气候环境进行控制, 该系统主要采用模糊控制器和串联神经网络解耦的控制系统, 是将专家系统技术、模糊控制和神经网络技术相结合的一种综合集成智能控制系统, 该系统可运用人类的经验知识、模糊逻辑推理、神经网络学习, 以及求解控制问题时的启发式规则来求解适应养殖环境的控制策略。模糊神经网络解耦^[2-3]控制系统如图2所示。

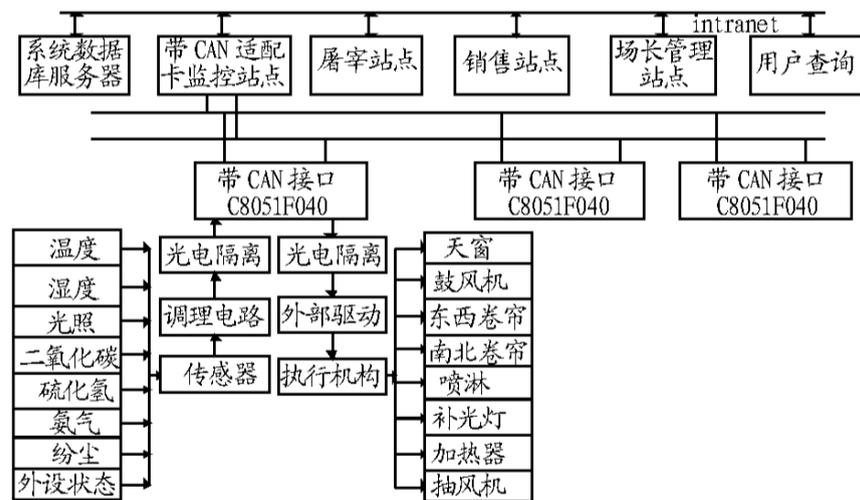


图1 商品猪养殖监控系统

Fig.1 The monitoring system of commercial pig cultivation

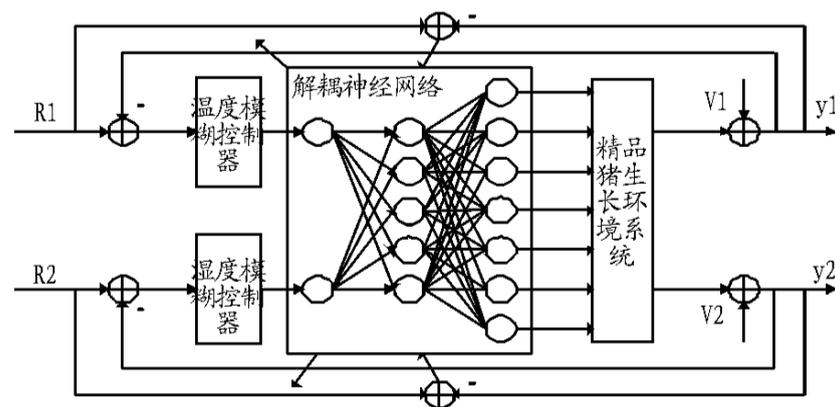


图2 解耦神经网络控制系统

Fig.2 The controlling system of fuzzy neural network

该系统由模糊控制器和神经网络组成, 离线训练神经网络, 使之通过学习逐步适应被控制环境的变化并逐渐承担控制环境的任务; 当养殖过程受到干扰、参数突变或者环境变化, 控制器的性能不能满足要求时, 模糊控制器和神经网络在线调整模糊控制器的比例因子(C_e, C_{ec}, C_u)和神经网络的网络权, 使控制系统总能适应商品猪生长环境。商品猪生

基金项目 江苏省镇江市农业攻关项目资助(NY2006046)。

作者简介 洪剑青(1971-), 男, 江苏镇江人, 讲师, 工程师, 从事智能控制、通讯、嵌入式系统研究工作。

收稿日期 2009-02-19

长环境中需要控制的因子很多,如温度、湿度、光照、风速、氨氮浓度等,其中温度和湿度对商品猪的生长影响最大,故该研究对温度和湿度进行控制,控制机构为天窗、南北卷帘、东西卷帘、加热器、鼓风机、抽风机、喷淋共7种,主要控制开关量和挡位。模糊控制器的输入为误差和误差变化率,输出为神经网络的输入。

2.1 模糊控制器的设计 该研究采用的模糊控制器^[4]带有调整因子,由模糊控制和积分作用2部分并联组成。其模糊控制规则为 $U = G_u * f(e, e)$, 式中, U 为模糊控制器的输出; G_u 为输出系数; $f(e, e)$ 为自适应控制规则函数, $f(e, e) = [G_e * e + G_{ec} * e]$ 。而系统处于初始阶段时,控制的主要任务是消除误差;而系统接近稳态时,误差较小,应避免振荡。

可通过模糊控制在线修正控制器的比例因子。比例因子对系统响应的影响如下: G_e 可影响偏差 $e(t)$ 的控制作用。如增大 G_e , 则增强了误差的控制作用,导致上升时间变短,超调增大,使收敛变慢,严重时还会产生振荡,所以 G_e 不应过大。减小 G_e , 相当于削弱了误差的控制作用,有利于减小超调量,但 G_e 过小将使上升时间变长,静态误差增加;调整 G_{ec} 可影响偏差率 ec 的作用。如增大 G_{ec} , 将增强 ec 的作用,提高模糊控制器的灵敏度,抑制超调。但 G_{ec} 过大时,系统对 ec 的变化过于敏感,提前了对 ec 的控制,延长系统的响应时间。 G_{ec} 过小,将削弱控制器的灵敏度,不利于抑制超调。调整 G_u 可直接影响控制器的输出。增大 G_u 可提高系统的运行速度,但在收敛阶段, G_u 过大将引起超调和振荡。减小 G_u 对系统的稳定有利,但延长响应时间,其调整过程见参考文献[4]。

2.2 神经网络的设计 神经网络是一个具有2个输入层,5个隐含层和7个输出层3层BP网络,该网络第一层为输入层,即模糊控制器的输出层,第二层为隐含层,含有5个节点,第三层为与7个节点对应相关的控制机构,输出控制量经过变换对应7种控制机构的控制状态,该层采用对数Sigmoid型激活函数,经过神经网络解耦输出的控制量被限制在0~1之间,与适当的输出因子相乘后可控制外部设备,对开关量的控制以0.5为界,当输出控制量0.5时为开,反之为关;对挡位的控制是大于3为高速,大于2为中速,大于1为低速,小于1为停止,该研究中BP神经元解耦网络计算方法包括前向算法和反传算法。

2.2.1 解耦网络的前向算法。 设任意采样时刻为 k , 则神经网络的前向计算公式如下:

(1) 输入层。该层神经元的输入、输出函数为:

$$O_i(k) = x_i(k) \quad (1)$$

其中, $x_i(k)$ 为 k 时刻神经元的输入值; $O_i(k)$ 为 k 时刻神经元的输出值; i 为第 i 个神经元, $i = 1, 2$ 。

(2) 隐含层。该层神经元的输出公式为:

$$O_j(k) = f(x_j(k)) \quad (2)$$

(3) 输出层。该层各神经元的输入为隐含层全部神经元输出值的加权总和,公式为:

$$x_o(k) = \sum_{i=1}^5 w_{jo} \cdot O_j(k) \quad (3)$$

每个子网输出通过适当的因子变换为7个商品猪生长环境小气候外部控制设备的控制量,由于隐含层与输出层为完全

连接关系,在隐含层到输出层的映射过程中,神经网络实现了对整个系统的解耦,同时将最优解耦结果传送给相应的调节因子控制外部设备。

2.2.2 解耦网络的反传算法。 BP神经网络学习规则为Delta规则,可利用误差的负梯度调整连接权,使输出误差单调减小。反传算法将解耦网络和调节器以及多变量被控对象看作一个多层广义网络,多变量被控对象为该网络的最后一层,通过误差逆向传播的批学习算法校正误差,考虑到各变量之间的耦合作用,取性能指标函数^[5]为:

$$J = E(k) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^2 (r_s(k) - y_s(k))^2 \quad (4)$$

(1) 输出层至隐含层权系数的调整。按梯度下降法修正网络的权系数,即按 $E(k)$ 对加权系数的负梯度方向搜索调整,并附加一个使搜索快速收敛至全局极小的惯性项,输出层网络权的调整公式如下:

$$W_{jo}(k) = W_{jo}(k-1) + \eta \cdot \frac{\partial E(k)}{\partial W_{jo}} \quad (5)$$

(2) 输入层至隐含层权系数的调整。输入层至隐含层的权值迭代公式为:

$$\begin{aligned} W_{ij}(k) &= W_{ij}(k-1) + \eta \cdot \frac{\partial E(k)}{\partial W_{ij}} \\ &= W_{ij}(k-1) - \eta \cdot \frac{E(k)}{W_{ij}} + \eta \cdot W_{ij}(k-1) \end{aligned} \quad (6)$$

根据以上神经网络算法,不需要被控制对象的数学模型和参数,通过离线训练BP网络,训练好后,投入系统运行,连接权值按公式(5)、(6)进行调整。

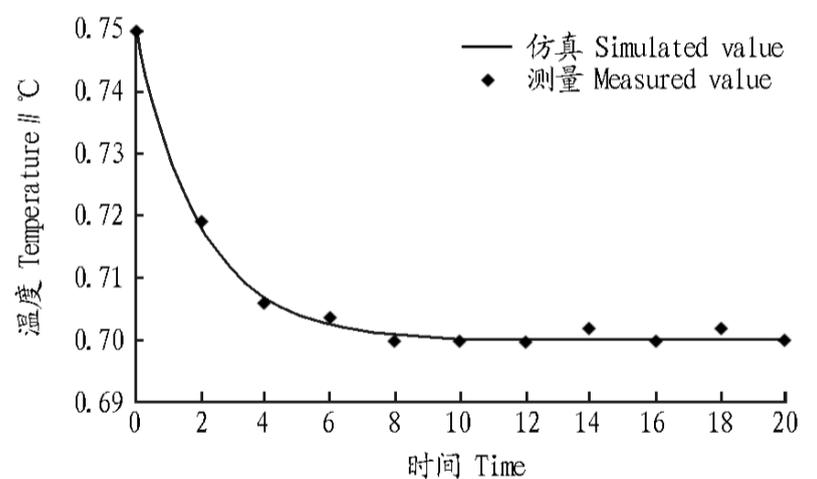


图3 温度控制曲线

Fig 3 The controlling curve of temperature

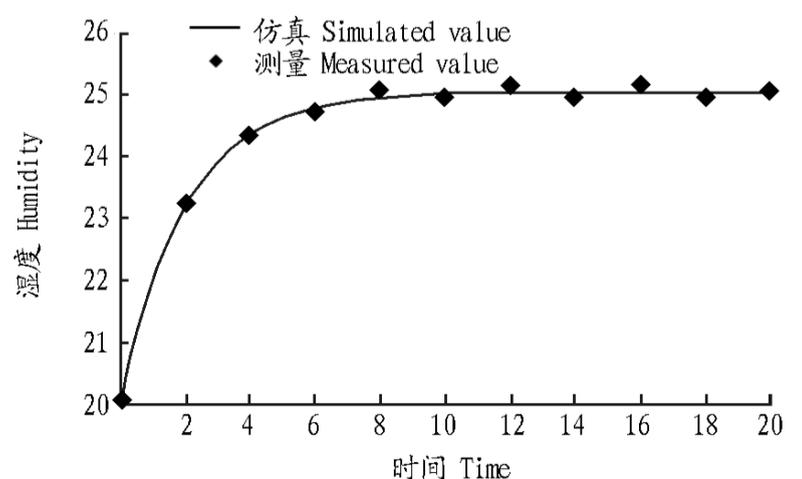


图4 湿度控制曲线

Fig 4 The controlling curve of humidity

2.3 控制结果 模糊神经网络解耦控制猪舍小气候的仿真和试验结果见图3、图4。该系统的模糊神经网络解耦控制系统既解决了温度、湿度之间的耦合作用,又考虑了控制机构启动频繁造成控制质量低的后果,提高了系统控制质量。

(下转第7200页)

表2 5种培养配方中草履虫的生长情况

Table 2 The growth situations of paramecium 5 kinds of culture formula

配方	体长 μm	体宽 μm	数量 个/ml	培养时间 d
Formula	Body length	Body width	Quantity	Culture time
	90 ~200	20 ~30	300 ~1 000	9
	80 ~190	5 ~25	200 ~400	4
	90 ~210	20 ~30	1 000 ~3 000	2
	60 ~180	15 ~25	300 ~500	4
	90 ~200	20 ~30	800 ~2 000	4
(CK)	60 ~90	15 ~30	100 ~200	4

2.2 培养时间对草履虫密度的影响 草履虫种群数量随培养时间的延长遵循“少-多-少”的变化规律。即在净化提纯后的1~2 d内,其数量逐渐增多,当增殖到密度最大时,随着培养液中养分的逐渐消耗,其密度又逐渐减少。由此可见,培养时间并非越长越好,要视生长情况随时加入营养。

2.3 理化因子对草履虫生长发育及种群密度的影响^[3]

2.3.1 温度。水温 < 15 时,草履虫生长繁殖慢,培养时间相对延长。草履虫生长的最适温度是 25 ; > 25 ,其繁殖率逐渐下降;水温 > 30 时,培养液易腐败变质,不利于虫体的生长。其极限温度是 40 ,最适繁殖温度在 $10 \sim 30$ 。因此除特别寒冷的冬季外,其他季节均可在室温中培养草履虫。

2.3.2 pH值^[4]。水体的pH值是水环境的重要环境因子。当培养液酸性较强时(pH值 $3.0 \sim 4.0$),草履虫均死亡。当pH值为 5.0 时,能生长,种群密度小,表明弱酸条件不适宜草履虫生长。草履虫对pH值的耐受范围为 $5.0 \sim 7.0$ 。在弱碱性条件下(pH值为 8.0),草履虫的种群密度增长也较快,并随着pH值的增大而减小^[5]。当pH值达到 10.0 时草履虫仍可生长,说明草履虫对碱的耐受性很强。pH值在 $5.0 \sim 10.0$ 的范围内,草履虫的生长状况都较好,说明草履虫对pH值的

(上接第7198页)

将上述模糊神经网络解耦控制器训练好后应用于商品猪养殖控制中,取得了较好的控制效果。系统初始温度为 20 ,湿度为 75% ,系统设定温度为 25 ,设定湿度为 70% ,每隔一定时间测定实际值和仿真结果的误差,结果表明,两者误差在 4% 之内,满足商品猪生长的环境要求。由图3、图4可知,控制过程基本无超调,调节时间短,基本没有稳态误差。控制过程的统计结果表明,解耦控制后电能节约 15% ,商品猪养殖环境的效益提高了 20% 。系统进入稳态后,可最大限度地避免频繁开关。即控制器的控制量较合适,系统达到稳定后加热器提供的热量基本等于猪舍散发的热量,即在设定值或附近达到了热量控制的动态平衡,具有较好的节能效果,提高了商品猪养殖的经济效益。

3 结论

该研究提出的智能精品养殖系统的实现过程具有很强的综合性、实用性、科学性和对养殖环境的适应性,因此需要生猪养殖专家和工程技术智能专家的相互配合,将领域专家知识经验与工程专家技术紧密结合起来。该系统具有以下优点: 可对商品肉猪档案进行信息化、网络化管理,不但使

要求较严格,但最适合于在中性略偏酸的环境中生长。

3 结论与讨论

(1) 5种营养配方,培养时间最短的是配方 ,仅用2 d时间就可达到培养目的。因培养液中有有机质丰富,所得草履虫的个体大,结构清晰,体长为 $90 \sim 210 \mu\text{m}$,体宽为 $20 \sim 30 \mu\text{m}$,含草履虫 $1 000 \sim 3 000$ 个/ml水样,纯度也很高,能够用于纯培养。草履虫在该培养液中繁殖快,故又可用于草履虫有性生殖试验的观察。该培养液的制备简单,因此用该方法培养草履虫效果最佳。

(2) 培养时间最长的配方为配方 ,该方法培养时间需要9 d,草履虫数目 $300 \sim 1 000$ 个/ml水样,个体也比较大,体长为 $90 \sim 200 \mu\text{m}$,体宽为 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 。该法培养出的草履虫可用于结构与无性生殖的观察,也可以进行纯培养。这种方法可在无种源的情况下培养出草履虫,解决了冬季取材的困难。

(3) 配方 仅用3 d就可得个体长为 $90 \sim 200 \mu\text{m}$,体宽为 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 草履虫 $800 \sim 2 000$ 个/ml水样。

(4) 其他方法培养时间为4 d。所培养出的草履虫个体都比较小,种群密度也不高。其中浓度 0.1% 蜂蜜培养液中草履虫开始数目较多,但很快种群密度就减少到无,因为养分耗尽。菠菜叶培养液培养的草履虫种群密度不高,个体也不大。

参考文献

- [1] 刘学英,申瑞玲,胡耀,等.草履虫培养方法的比较研究[J].生物学杂志,1994(3):34-35.
- [2] 姜金庆,刘庆立.袋状草履虫生命现象的观察[J].河南科技学院学报:自然科学版,2006(1):13-14.
- [3] 杨春英,李娜.培养液及其浓度和pH值对草履虫种群增长的影响[J].微生物学杂志,2007(4):23-21.
- [4] 王智红,陈光磊.草履虫生境的探究[J].商丘师范学院学报,2004(2):174-175.
- [5] 龚军辉.草履虫的采集、培养和观察方法[J].高等函授学报:自然科学版,2003(1):34-35.

猪场工作人员和管理者可及时了解猪的生产信息,而且猪出售后,相关管理部门也可通过网络了解肉猪生产情况,在一定程度上促进社会对养猪场养殖过程的监督。该系统已在江苏省镇江等规模化养猪场应用,用户报告显示,该商品猪生产监控管理系统是目前规模化猪肉生产、管理、流通、销售环节的好帮手,使用该系统可改善生猪及猪肉生产环境质量和防疫条件,使生猪生病率下降了 70% ,提高了企业的竞争能力。该系统提出了商品猪生长环境的智能控制方法,提高养殖户的经济效益达到 30% ,并且节约了能源。

参考文献

- [1] 马从国,倪伟.基于PLC工厂化水产养殖监控系统的设计[J].工业仪表与自动化装置,2005,12(2):51-53.
- [2] 李明,林永君.自适应神经元非模型多变量系统解耦控制[J].计算机仿真,2006,20(3):68-71.
- [3] 孙鑫,孙优贤.造纸过程定量水份解耦控制分析[J].控制理论与应用,2006,18(3):121-124.
- [4] 王耀南,张昌凡,刘治.专家模糊神经网络控制系统在复杂工业过程中的应用[J].电机与控制学报,2004,4(3):175-178.
- [5] 张春有.一种基于神经网络的解耦控制方法及其在微型燃机控制中应用的研究[J].信息与控制,2005,34(2):214-218.
- [6] 郝久玉.变量模糊控制系统的前馈解耦[J].天津大学学报,2004,6(5):396-399.