**基于AHP模糊综合评价算法的大棚环境检测系统**

姚粤，杨威

（武汉理工大学 自动化学院，湖北 武汉 430070）

摘 要：温室大棚可用于种植反季节农作物，对农业发展及其重要，建立一种评价大棚内部环境适应农作物生长程度的方法对于大棚的智能化发展具有重要的实践意义。本文提出了一种基于AHP模糊综合评价法的大棚环境检测系统，利用多种传感器对环境数据进行采集，以空气温湿度、光照度、CO2浓度、土壤湿度作为评价因素，选取合适的隶属度函数来建立隶属度矩阵，利用层次分析法(AHP)确定各评价因素的权重矢量，根据五种参数的权重及耦合关系，对环境进行综合的评价。

**关键词：**温室大棚；模糊综合评价法；AHP

# 1.概述

温室大棚在农业生产中应用非常广泛，它可以为广大百姓提供任何季节的蔬菜和水果,同时温室大棚的智能化对于提高农作物产量、减少人力成本、解放生产力具有重要意义[1]。针对温室大棚的发展，建立一种客观的环境监测与评价方法具有重要的意义。

对室内环境评价的方法也有很多，如动态模式法、灰色理论法、综合指数法，这些方法多用于室内环境质量检测，影响因素比较单一[2]。大棚种植环境的影响因素较多，且类型复杂，用上述的方法会使结果具有模糊性和主观性，可信度不高。根据大棚种植环境的特性，使用模糊数学的相关理论即模糊综合评价法能够带来更加合理客观的结果。

传统的模糊评价法的主要步骤为确定评价对象的评价因素集、建立评语等级、确定权重向量集、进行单因素模糊评价、构建隶属度矩阵、进行多指标综合评价[3]。其中最为关键的步骤是确定权重向量集，不合理的权重向量会使评价结果偏离实际，得出毫无价值的结论。

确定权重向量的方法有专家估计法、专家调查法、特征值法、加权平均法、AHP，其中前几种方法需要经过大量的调查，并且带有较强的主观性与随机性。AHP采用相对尺度，将评价因素进行两两比较来构造判断矩阵，尽可能减少性质不同因素相互比较的困难，以提高准确度并减少调查的数据量[4]。

# 2.系统总结构

如图1所示为系统总体结构，系统通过传感器采集大棚的环境数据并通过无线传输网络将采集的数据传输至系统总控制器中。总控制器将接收数据储存并通过AHP模糊综合评价算法对数据进行运算处理，最后将环境数据与AHP模糊综合评价算法得到的结果通过LCD进行显示，方便用户查看。管理员可进入系统完成评价因子的增添和删除、自定义评价范围、输入判断矩阵等功能。



图1 系统总体结构

# 3.系统硬件设计

## 3.1 主控制器选择

本系统选用TI公司生产的MSP432单片机作为系统的主控制器，该主控制器兼具高性能和低功耗的特点，其主频率达到48Mhz，能够快速运行程序及算法，具有定时器、ADC、IIC、SPI、串行通信等丰富的外设及功能。MSP432由于内部集成的DC/DC模块使其自身的功耗大大降低。MSP432的使用在满足系统功能的同时，增强了系统的稳定性和节能性。

## 3.2 传感器选择

本系统选用SHT11作为温湿度传感器，该传感器将测湿元件、测温元件以及模数转换器全部集成在内，通过IIC通信协议进行数据传输，功能强大并且使用方便。选用BH1750FVI作为光照传感器，该传感器采集范围为1-65535lx，光谱灵敏特性接近视觉灵敏度，受红外线影响很小，内含16bit数据寄存器，采用标准的I2C总线传输方式。选用CCS811作为CO2传感器，CCS811是一款内部集成金属氧化物的数字型气体传感器，具有低成本、低功耗的特点，利用IIC协议进行数据传输。选用FC-28作为土壤湿度传感器，FC-28通过两个探头探测土壤导电性的方式来测量土壤含水量，输出模拟信号，其输出端输出电压与土壤含水量成正比。

## 3.3 Zigbee无线传输网络

由于系统需要将环境数据无线传输至主控制器，所以需要建立起无线传输网络。Zigbee模块造价较低、使用时功耗不高、续航能力较强，因此大量应用于物联网的底层网络中。Zigbee技术具有极强的可扩展性，一个Zigbee无线传输网络可以包含上万个网络节点，两个节点的标准传输距离虽然只有75m，但通过节点与节点的连接扩展后具有及其可观的网络覆盖范围。Zigbee无线传输网络还可以通过与以太网连接实现在线监控的功能。



图2 Zigbee无线传输网络

由于Zigbee无线传输终端传输距离有限, 制约了在大棚中的应用, 针对大型温室大棚，建立分区管理的网络结构模式，将一个路由节点和若干终端节点组成一个子网，若干子网各自负责一块区域。终端节点上安装有所需传感器，负责采集实时数据并发送至路由节点，路由节点将各自区域的环境数据汇总至总协调器进行处理，最后，总协调将处理后的数据发送至主控制器，该网络结构结构如图2所示。通过该模式的网络结构，使网络覆盖区域及监测区域得到了比较大的扩展, 从而实现大棚的区域化监测与管理。

# 4.AHP模糊综合评价算法

模糊综合评价法是将模糊数学理论应用在实际的评价问题中，通过隶属度原理将主观层面上的评价转化为定量客观的评价，对包含多种属性的事物或者受多种因素影响的事物进行总体的评价。模糊综合评价法包括建立评价因素集及评语集合、确定权重向量集、进行单因素评价确定隶属度矩阵、多指标综合评价、评价结果分析等步骤，其中权重向量集的建立方式直接影响到评价结果的可信度，本文通过引入AHP来确定权重向量集，建立AHP模糊综合评价算法。下面将以本系统为模型对该算法展开叙述。

## 4.1 建立评价因素集及评语集合

评价因素集是指根据需要对评价对象建立的评价项，本系统中的评价因素集由温度、空气湿度、光照度、CO2浓度、土壤湿度五个因素构成，记为：

 (1)

其中表示温度，表示空气湿度，表示光照度，表示CO2浓度，表示土壤湿度。

根据被评价对象在实际工作表现出的价值，对其给予一个等级，这些评价等级的集合称为评语集，本系统中根据环境因素对于农作物生长的适宜程度可以构建如下的评语集：

 (2)

其中表示非常适宜，表示比较适宜，表示不适宜，表示比较不适宜，表示非常不适宜。

## 4.2 确定权重向量集

### 4.2.1 构造判断矩阵

在确定各因素的权重向量时，如果因素将所有放在一起进行定性比较，不可避免的使结果带有主观性，不具有可信度，传统的方法通过大量调查求平均值的方式来降低这种主观性，但是这带来了调查的难度与工作量。通过将所有元素两两相互比较，构造出判断矩阵，既可避免不同性质因素相互比较的困难，又能降低结果的主观性与模糊性，同时也降低了调查量与调查难度。该系统中共有温度、空气湿度、光照度、CO2浓度、土壤湿度五个因素，分别记为、、、、，用表示元素相对于元素的比较结果，可得到如公式(3)所示的矩阵。

 (3)

### 4.2.2 归一化与一致性检验

通过对判断矩阵进行一定的计算即可得到最大特征值以及对应的特征向量，对特征向量进行归一化处理之后得到的向量即为各元素的权重向量。

 (4)

如果矩阵符合完全一致的特性时可以得到，但是，在实际的应用问题当中大部分的判断矩阵并都不是完全一致的，这时就需要对它进行一致性检验。

首先，求一致性指标,如式:

 (5)

然后查表1，确定平均随机一致性指标的值：

表1 随机一致性指标表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| RI | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 |

最后计算一致性比例,如式:

 (6)

当时认为判断矩阵是一致的。

## 4.3 进行单因素评价确定隶属度矩阵

在进行综合评价之前，需要对每个因素对评语集的隶属度进行判定，来确定评价对象对评价集合的隶属度，这一步骤成为单因素评价，本系统采用公式(7)所示的隶属度函数计算各个因素的隶属度。

 (7)

其中表示评价因素的评价因素值，表示评价因素在评价等级中对应的标准值，通过该公式可以得到隶属度矩阵：

 (8)

其中表示评价因素对于评价等级的隶属度。

## 4.4 多指标综合评价

选择合适的模糊合成算子将通过AHP得到的权重向量集与隶属度矩阵合成可得到被评价对象的评价结果矢量，如公式(9)所示:

 (9)

## 4.5 评价结果分析

通过多指标综合评价得到的评价结果矢量为一模糊矢量，它虽然能提供更加丰富的评价信息，但是却不能带来更加直接的评价结果。为了得到更加直接的评价结果，需要对评价结果矢量进行进一步处理，计算出被评价对象的综合分值，方便对多个评价对象及进行择优选择。

本系统选择加权平均的方式来对模糊综合评价结果矢量进行处理，将离散化的等级连续化。为了进行定量分析，将评语集的等级按照“1，2，3…m”进行排序，将各等级对应的顺序称为这一等级的秩。通过公式(10)将评价结果矢量中对应的分量与各等级的秩进行加权求和，进而可得到被评价对象的综合分值。

 (10)

其中，为待定系数目的是控制较大的所引起的作用。

# 5.结束语

本文提出了一种基于AHP模糊综合评价算法的大棚环境检测系统，文章主要介绍了系统的总体结构、硬件设计、无线网络系统、AHP模糊综合评价算法。本文的创新之处在于将模糊综合评价算法引入至大棚种植环境评估系统中，并将层次分析引入算法中建立AHP模糊综合评价算法，AHP的引入提升了所建立权重向量集的可信度、准确性及客观性，同时与传统建立权重向量的方式相比，也减少调查量与调查难度。

参考文献：

[1]曹新,董玮,谭一酉.基于无线传感网络的智能温室大棚监控系统[J].电子技术应用,2012,38(02):84-87.

[2]张进.基于灰色关联分析法空气质量的影响因素——以北京市为例[J].山西农经,2017(17):131.

[3]马云蕾.基于模糊综合评价法的高校绩效考核评价探究[J].电脑知识与技术,2019,15(36):164-165+177.

[4]邓雪,李家铭,曾浩健,陈俊羊,赵俊峰.层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J].数学的实践与认识,2012,42(07):93-100.

**备注：**  
工作单位：武汉理工大学自动化学院  
通讯地址：湖北省武汉市武汉理工大学东院；  
邮编：430070；  
电话：18162819712；  
邮箱：991728570@whut.edu.cn  
投稿日期：2020年03月27日;  
作者简介：一作：姚粤，男，1999-至今，本科在读，电气工程及其自动化专业

二作：杨威，男，1985-至今，惠州市中洲科技有限公司总经理，计算机数控技术