

哈爾濱工業大學

毕业设计（论文）

题 目 智慧农业物联网平台的
数据分析与存储模块实现

专 业 计算机科学与技术

学 号 1161200105

学 生 宋锦文

指 导 教 师 王玲教授

答 辩 日 期 2020 年 6 月 12 日

摘 要

智慧农业是农业生产的高级阶段,它通过现代控制理论和无线通讯技术实现了对农业种植的智能化管理。目前传统农业自动化程度低,环境数据的采集技术比较落后,若利用传感器动态监测农田环境,有益于对环境进行监管,节省人力。但仅使用单传感器会存在一些弊端,比如周围环境的干扰、自身的不稳定性等,使得监测的数据与真实的数据之间存在一些误差。将数据融合技术引入,可有效地提高监测结果的精确度,减少误判的几率。

本文首先对基于最小距离的聚类算法和 BP 神经网络的基本概念和融合过程进行了介绍,提出了二者相结合的融合方法,即对同类传感器数据(比如温度)通过基于最小距离的聚类算法进行融合,融合的结果作为 BP 神经网络的一个输入,再通过 BP 神经网络进行融合,得到一个对整体环境的一个评估结果。

其次,提出智慧农业物联网平台的整体框架,介绍了前后端数据如何通过 Ajax 技术进异步交互,然后展示了数据库模块的设计,数据在数据库中的关联关系等。对于该平台各模块各功能的实现,介绍了其如何通过 Ajax 技术和后端 php 代码实现与服务器上数据库的交互。

最后,通过多个标注好的数据同 BP 神经网络进行预测,得到的预测结果与真实值进行比较,说明拟合效果较好。同时,展示了部分模块进行操作后的界面,说明各模块功能能正常运作。

关键词: 智慧农业; 多源数据融合; 基于最小距离聚类算法; BP 神经网络

Abstract

Intelligent agriculture is the advanced stage of agricultural production. It realizes the intelligent management of agricultural planting through modern control theory and wireless communication technology. At present, the traditional agricultural automation level is low, and the collection technology of environmental data is relatively backward. If we use sensors to monitor the farmland environment dynamically, it will be beneficial to supervise the environment and save manpower. However, there are some disadvantages in using only one sensor, such as the interference of the surrounding environment, the instability of its own, etc., which makes some errors between the monitored data and the real data. Data fusion technology can effectively improve the accuracy of monitoring results and reduce the probability of misjudgment.

This paper first introduces the basic concepts and fusion process of the clustering algorithm based on the minimum distance and BP neural network, and puts forward the fusion method of the combination of the two, that is, the same kind of sensor data (such as temperature) is fused by the clustering algorithm based on the minimum distance, the fusion result is an input of BP neural network, and then the fusion is carried out by BP neural network To an assessment of the overall environment. Secondly, the overall framework of the Intelligent Agricultural Internet of things platform is proposed, and how the front and back end data interact asynchronously through Ajax technology is introduced. Then, the design of database module and the relationship of data in database are shown. For the realization of the functions of each module of the platform, this paper introduces how to realize the interaction with the database on the server through Ajax technology and back-end PHP code.

At last, through many labeled data and BP neural network, the prediction results are compared with the real values, which shows that the fitting effect is good. At the same time, the interface of some modules after operation is displayed, which shows that the functions of each module can operate normally.

Keywords: Intelligent agriculture, Multi-source Data Fusion, Clustering algorithm based on minimum distance, BP Neural Network.

目录

摘要	I
ABSTRACT	II
第 1 章 绪 论	1
1.1 课题背景及研究的目的和意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
1.2.1 国内研究现状.....	1
1.2.2 国外研究现状.....	2
1.3 本文的主要研究内容.....	2
第 2 章 多源异构数据融合方法	4
2.1 基于最小距离聚类算法的数据融合.....	4
2.1.1 距离参考矩阵.....	4
2.1.2 基于最小距离聚类算法的融合过程.....	4
2.2 基于 BP 神经网络的融合方法.....	5
2.2.1 神经网络基础理论.....	5
2.2.2 BP 神经网络训练方法.....	7
2.2.3 BP 神经网络数据融合过程.....	9
2.3 多源异构数据融合方法.....	9
2.3.1 基于最小距离聚类算法的融合设计.....	9
2.3.2 基于 BP 神经网络的融合设计.....	9
2.4 本章小结.....	10
第 3 章 智慧农业物联网平台的数据分析与存储模块	11
3.1 平台介绍.....	11
3.2 数据交互模块.....	11
3.3 数据库模块设计.....	12
3.3.1 概念设计.....	12
3.3.2 逻辑设计.....	13

3.4 平台主要功能模块实现.....	16
3.4.1 用户信息模块实现.....	16
3.4.1.1 用户登录模块实现.....	16
3.4.1.2 用户列表模块实现.....	17
3.4.2 环境数据分析模块实现.....	19
3.5 本章小结.....	20
第 4 章 实验测试与分析.....	21
4.1 数据融合算法测试与分析.....	21
4.1.1 基于最小距离聚类算法.....	22
4.1.2BP 神经网络.....	22
4.2 智慧农业物联网管理平台.....	23
4.2.1 用户信息模块测试.....	24
4.2.2 环境数据分析模块测试.....	25
结 论.....	26
参考文献.....	27
哈尔滨工业大学本科毕业设计（论文）原创性声明.....	28
致 谢.....	29

第1章 绪 论

1.1 课题背景及研究的目的和意义

中国是农业大国，农业作为关乎国计民生的重要基础产业，在中国的经济和社会的发展中，起着不可或缺的作用。随着传感器技术、通信技术等高新技术的飞速发展，物联网技术应运而生，将农业生产、管理等与物联网技术相融合，引领农业朝着自动化、智能化的方向发展，对于改造传统农业、实现现代化有着重要意义。[1]智慧农业主要是应用现代科技信息的成果，由物联网技术、网络通信技术等技术组成，通过在农田中布置传感器，实时采集温度、湿度、二氧化碳浓度以及光照强度等参数，通过网络通信将数据传输至平台系统。农业相关的人员可以通过平台查看测得的环境参数，然后对这些农作物的环境参数进行分析，从而可以对农作物的生长环境进行相应的调控，实现对农业生产的智能控制。[2]

在传感技术的发展下，多传感器的数据融合技术在许多领域都有广泛的应用。在传感器网络中，数据融合技术是一种较为常用的方法，其主要目的是将多组传感器测得的数据进行分析、综合，最终得到一个精度较高的数据。由于环境的影响，单个传感器在采集环境数据时可能会发生故障，引起测量数据与真实数据之间偏差较大，采用多个传感器来测量同一区域的数据，能使得整个传感器网络的生存能力得到增强，但是多个传感器测量的数据的冗余度也较高。通过对多源数据融合算法的探究，实现对多组传感器测得的数据进行分析处理，得到一个能够较为准确地反映作物生长环境情况的结果，有助于对作物的管理，并能为后续措施提供一些参考。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国内研究现状

最近几年，我国越来越重视发展现代农业，农业物联网发展十分迅速，利用传感技术、通信技术、融合技术等，为我国大棚种植等农业相关的发展提供了巨大的推动力。国内有关数据融合技术相关的研究起步较晚，但发展较快。20世纪90年代初期，该技术在我国引起热议，到21世纪10年代中期，进一步受到国家重视。近些年来，融合技术的应用及改进算法上取得了不小的成绩：刘凯等人研究了煤矿安全监测分层融合模型，确定了分层融合模型，分别利用层次分析的方法

法确定隶属度及相应的权数，并运用模糊评价的方法进行特征层融合，然后利用 D-S 证据理论融合，从而实现根据不同的输入数据的类型选择合适的算法做计算处理[3]；金溢以草原生态环境监测为背景，将 BP 神经网络和 D-S 证据理论结合起来，并对 D-S 证据理论进行了改进，实现对草原环境的整体判决。[4]

1.2.2 国外研究现状

智慧农业已经成为世界现代农业发展的一大趋势，许多发达国家和地区政府组织都相继推出了智能农业发展计划。2015 年日本推出基于“智能机械+现代信息技术”的下一代农林水产养殖创造技术。2017 年，欧洲农业机械协会召开峰会，提出欧洲农业未来的发展方向是农业 4.0——智慧农业，其特点是应用智能化技术和先进的农业机械设备[6]。Hwang 等利用无线传感器网络技术设计了一款农田生产环境信息监测系统，利用无线传感器技术将田间各种传感器采集到的环境数据，土壤数据以位置图像数据传输到远程的服务器终端，将接收到的数据进行存储和分析，并提供最终的决策结果，能够提高农业管理者对农田的掌控和对农业问题的处理。[5]

1973 年，美国国防部资助美国相关的研究机构，展开了对声纳信号的研究，这项研究被视为最早与信息融合相关的研究。到 20 世纪 70 年代末，与多源信息融合有关的概念在公开的文献中出现。1988 年，信息融合技术被美国国防部列为 90 年代重要研究的关键技术之一。据相关统计，1991 年美国数据融合技术用在军用电子系统的案例共有 54 个，其中已有 87%的试验样机、试验床或以被采用。[3]除此之外，欧洲等国也大力开展了数据融合技术的研究工作，开发出了上百种军事用的数据融合系统。[7]进入 21 世纪后，数据融合在医学分析、图像处理、目标识别监测等许多方面都得到了推广，依据外部特性改进的有：Dasarathy 模型、瀑布模型、JDL 顶层水平融合模型和混合模型等。[8]

1.3 本文的主要研究内容

本文以智慧农业为背景，收集部署在农田中传感器测量的数据，通过某些方法将这些数据进行融合，得出一个对当前环境数据的一个判断。同时，协助构建智慧农业平台，实现相关功能，将数据及分析结果展示出来。论文总体分为四个部分，主要划分如下：

第一章：绪论。此部分介绍了课题的背景以及研究的目的和意义，简要介绍了智慧农业和多源数据融合的国内外研究现状，简要说明了本文研究内容及章节的组织结构。

第二章：多源数据融合方法的介绍。此部分介绍了基于最小距离聚类算法、BP神经网络相关概念、融合方法等，还简要介绍了二者相结合的融合结构。

第三章：智慧农业物联网平台的数据分析与存储模块。此部分介绍了平台的整体框架、数据库模块的设计以及平台主要功能模块是怎么实现与数据库的交互。

第四章：实验测试与分析。此部分主要介绍了多源数据融合算法的实验结果，以及智慧农业物联网平台的功能测试。

第 2 章 多源数据融合方法

2.1 基于最小距离聚类算法的数据融合

2.1.1 距离参考矩阵

假设有 m 个传感器，每个传感器测量数据指标的个数为 n 个，则对于第 i 个传感器而言，其测量的结果可以表示为： $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})^T$ ($i = 1, 2, \dots, m$)。

为了反映出各个传感器所测量数据之间的差别大小，可以通过各个传感器实际测量的数据 X_1, X_2, \dots, X_m 来确定。本文采用欧几里得距离公式：

$d_{mn} = ((d_m - d_n)^T (d_m - d_n))^{1/2}$ 来表示传感器测量的数据 X_m, X_n 之间的距离，当 d_{mn} 越小时，表明测量数据 X_m, X_n 越接近，否则，就表明二者之间的偏差较大。于是，所有传感器的测量数据之间就可以形成一个距离参照矩阵：

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \dots & & \dots \\ d_{n1} & \dots & d_{nn} \end{bmatrix}$$

从距离参照矩阵的构成可以看出，该矩阵是对称矩阵，主对角线上的元素都为 0。

2.1.2 基于最小距离聚类算法的融合过程

由于距离参照矩阵的作用主要是用来确定两个传感器之间相互的支持度，以便后续能将它们的测量数据合并成为一个新的向量，其实质就是找出各个传感器之间的融合次序，然后按照融合次序进行融合。为了防止次序选择的主观性，本文采用多元统计中的一种聚类分析思想，即将各个传感器的测量数据视为个体，然后根据它们的 n 个指标将其分为若干类，融合过程中再将这些小类合并成为一个大类，每次根据新的距离参照矩阵确定出融合次序进行融合。以下给出具体的融合算法：

1) 首先先将每一个传感器的测量数据中的 n 个指标视为一个个体，单独划为一类，例如第 i 个传感器的测量数据为 X_i ，包含温度、湿度等 n 个指标，将这 n 个指标看作一个向量，划分为一类，记为 $\pi_i, i = 1, 2, \dots, k$ 。在距离参照矩阵 D 中，找到除主对角线元素之外的一个最小元素 d_{ij} ，则将 π_i 和 π_j 合并按（式 2.1）融合成为

一个新的类，将其记为 $\pi_f = \{\pi_i, \pi_j\}$ ，同时从距离参照矩阵 D 中删除 π_i 和 π_j 所在的行与列，将 π_f 加入到距离参照矩阵 D 中，并计算出 π_f 与其他各项的距离，填入矩阵相应的位置，得到新的距离参照矩阵 D_1 。

2) 对于 $\pi_f = \{\pi_i, \pi_j\}$ 的融合公式为：

$$f(x_{in}, x_{jn}) = \frac{c(x_{in} + x_{jn}) + (c-1)^2 x_{in} x_{jn}}{1 + c^2 - (c-1)^2 (x_{in} + x_{jn} - 2x_{in} x_{jn})} \quad (\text{式 2.1})$$

其中 x_{in} , x_{jn} 分别表示 π_i , π_j 的第 n 个分量, $f(x_{in}, x_{jn})$ 表示 π_i 和 π_j 的第 n 个分量融合后的值。 c 为大于 1 的实数。

3) 根据新的距离参照矩阵 D_1 ，重复 1) 的方法得到 D_2, \dots ，直到 m 个传感器的测量数据融合为一个大类为止，将该类的值最为最终的融合结果。

2.2 基于 BP 神经网络的融合方法

2.2.1 神经网络基础理论

人工神经网络（简称神经网络，Neural Network）是模拟大脑思维方式的一种数学模型。神经网络是建立在现代生物学研究人脑组织成果的基础上，能够模拟人类大脑神经网络的行为和结构。图 2.1 所示的模型是神经网络中最简单的一种网络结构，是一种有多个输入但是只有一个输出的非线性结构。

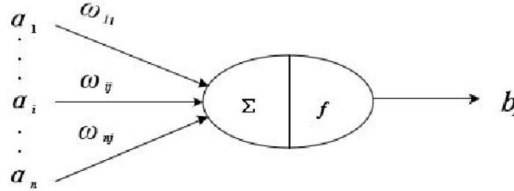


图 2.1 神经网络模型结构图

$$\text{输出 } b_j \text{ 与输入 } a_i \text{ 之间的关系为: } b_j = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ij} a_i - \theta_j\right) \quad (\text{式 2.2})$$

在（式 2.2）中， a_i 表示第 i 个神经元输入的值， w_{ij} 表示第 i 个神经元与该神经元（第 j 个神经元）之间的权值， θ_j 表示该神经元（第 j 个神经元）的偏置量， f 为该神经元的激励函数， b_j 表示该神经元的输出值。其中激励函数的作用是负责实现每个神经元的输入和输出之间的映射关系，实际应用的激励函数往往是非线性函数，比如 Sigmoid 函数 $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

$$\text{函数, 比如 Sigmoid 函数 } f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (\text{式 2.3})$$

$$\text{其导函数为 } f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (\text{式 2.4})$$

Sigmoid 函数的图形如图 2.2 所示：

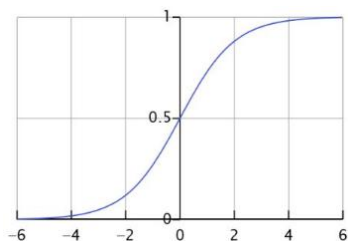


图 2.2 Sigmoid 型函数的图形

BP 神经网络一般由三部分组成，分别为输入层，隐含层和输出层，层与层之间用线连接在一起，每条连接线都有一个对应的权重 w ，除了输入层，一般来说每个神经元还有对应的偏置量 θ 。其结构如图 2.3 所示。

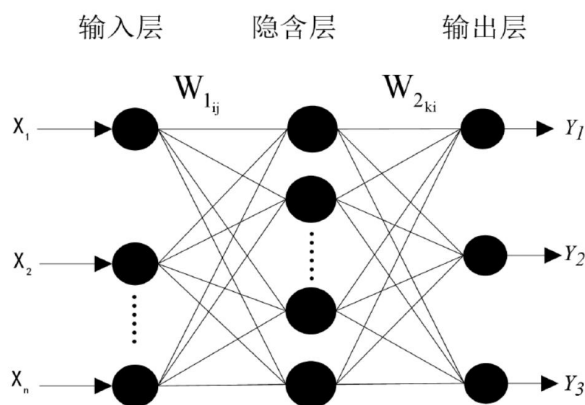


图 2.3 BP 神经网络模型

除了输入层的神经元，每个神经元都会有加权求和得到的输入值 z 和将 z 通过 Sigmoid 函数非线性转化后的输出值 a ，它们之间的计算公式如下：

$$z_j^l = \sum_{i=1}^n w_{ij} a_{ij}^{l-1} - \theta_j^l \quad (\text{式 2.5})$$

$$a_j^l = f(z_j^l) = \frac{1}{1 + e^{-z_j^l}} \quad (\text{式 2.6})$$

其中 a_{ij}^{l-1} 表示第 $L-1$ 层的第 i 个神经元的输出值， w_{ij} 表示第 $L-1$ 层的第 i 个神经元与 L 层的第 j 个神经元之间的权重， θ_j^l 表示第 L 层的第 j 个神经元的偏置量， z_j^l 表示第 L 层的第 j 个神经元的加权输入值， a_j^l 表示第 L 层的第 j 个元素的输出值。

2.2.2 BP 神经网络训练方法

在手动设定了神经网络的层数，每层神经元的个数，学习率后，先随机初始化连接线的权重和偏置量，然后对于训练集中的每个输入 x 和输出 y ，BP 神经网络会先执行前向传输得到预测值，然后根据预测值与训练集中的真实值之间的误差逆向反馈更新 BP 神经网络中每个连接线的权重和偏置量。

（1）前向传输（Feed-Forward）

从输入层的数据开始，沿着输入层、隐含层和输出层的方向，一层一层的计算出所有神经元的输出值。

（2）逆向反馈（Back Propagation）

由于输出层的值与训练集中的真实值之间会存在误差，可以用均方误差（式 2.7）来衡量预测值和真实值之间的误差。

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^l (y_j^k - a_j^l)^2 \quad (\text{式 2.7})$$

逆向反馈的目的就是让均方误差 E 的值尽可能小，而每个神经元的输出值则是由连接该神经元的连接线对应的权重 w 和该神经元对应的偏置量 θ 所决定的。因此，可以通过 E 求出其对 w 和 θ 的偏导，通过梯度下降调整每层 w 和 θ 的值来使得均方误差 E 最小。

E 对隐含层与输出层之间的权重 w_{ij} 求偏导得：

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial a_j^l} \frac{\partial a_j^l}{\partial z_j^l} \frac{\partial z_j^l}{\partial w_{ij}} \quad (\text{式 2.8})$$

$$\text{其中 } \frac{\partial E}{\partial a_j^l} = -(y_j^k - a_j^l) \quad (\text{式 2.9})$$

$$\frac{\partial a_j^l}{\partial z_j^l} = a_j^l (1 - a_j^l) \quad (\text{式 2.10})$$

$$\frac{\partial z_j^l}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^n w_{ij} a_{ij}^{l-1} - \theta_j^l \right)}{\partial w_{ij}} = a_{ij}^{l-1} \quad (\text{式 2.11})$$

$$\text{记 } \delta_j^l = \frac{\partial E}{\partial a_j^l} \frac{\partial a_j^l}{\partial z_j^l} = (y_j^k - a_j^l) a_j^l (1 - a_j^l) \quad (\text{式 2.12})$$

将（式 2.11）、（式 2.12）代入（式 2.8）中，得：

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \delta_j^l a_{ij}^{l-1} \quad (\text{式 2.13})$$

于是权重 w_{ij} 的更新量为:

$$\nabla w_{ij} = \eta \delta_j^l a_{ij}^{l-1} \quad (\text{式 2.14})$$

其中 η 为学习率。

$$\text{同理可得 } \nabla \theta_j^l = \frac{\partial E}{\partial \theta_j^l} = -\eta \delta_j^l \quad (\text{式 2.15})$$

但是（式 2.14）和（式 2.15）只能用于更新输出层与前一层的权重和输出层的偏置，因为 δ 值依赖了真实值 y 。而第 $L+1$ 层和第 L 层之间的关系如（图 2.4），于是对于第 $L+1$ 层的 δ 值和第 L 层的 δ 值，可以推出如下关系：

$$\delta_i^l = \left(\sum_{j=1}^n \delta_j^{l+1} w_{ij}^{l+1} \right) f'(z_i^l) \quad (\text{式 2.16})$$

于是可以通过下一层的 δ 值计算出上一层的 δ 值，从而可以根据（式 2.13）和（式 2.14）更新上一层的权重和偏置量。

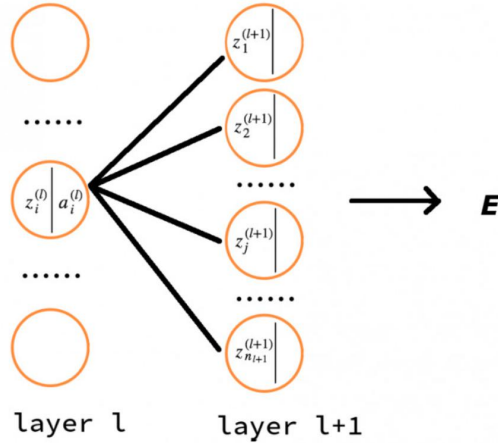


图 2.4 神经网络中第 L 层和 $L+1$ 层的关系

（式 2.16）的推导过程如下：

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial z_i^l} &= \sum_{j=1}^{n^{l+1}} \frac{\partial E}{\partial z_j^{l+1}} \frac{\partial z_j^{l+1}}{\partial z_i^l} \\ &= \sum_{j=1}^{n^{l+1}} \frac{\partial E}{\partial z_j^{l+1}} \frac{\partial z_j^{l+1}}{\partial a_i^l} \frac{\partial a_i^l}{\partial z_i^l} \end{aligned}$$

$$= \left(\sum_{j=1}^{n^{l+1}} \delta_j^{l+1} w_{ij}^{l+1} \right) f'(z_i^l)$$

2.2.3 BP 神经网络数据融合过程

在利用 BP 神经网络进行数据融合时，其融合过程可以分为以下三步：第一步，依据融合的要求及数据特点，构建合适的 BP 神经网络模型；第二步，在各层级之间建立相应关系，确定权值，完成网络的训练；第三步，借助训练好的神经网络，进行数据融合处理。

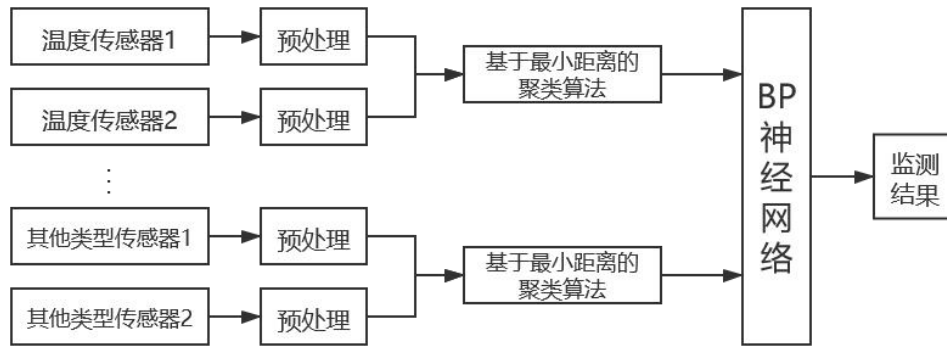


图 2.5 BP 神经网络的数据融合过程

2.3 多源异构数据融合方法

2.3.1 基于最小距离聚类算法的融合设计

在数据预处理后，首先利用基于最小距离的聚类算法，对该区域内的同类传感器数据进行数据集融合，从而保证 BP 神经网络融合时的精确度。假设某一区域内有 5 个温度传感器节点 x_1, x_2, \dots, x_5 ，先计算出这五个温度之间的距离，选出距离最小的两个节点 x_1, x_2 ，则代入（式 2.1）中，取 $c=1.001$ ，算出新的温度数据 x_6 ，替换掉 x_1 和 x_2 ，重新计算 x_6 与其他 3 个节点的距离，选出距离最小的两个节点继续进行融合，重复直到融合成为一个，将其作为最终融合结果输出。

2.3.2 基于 BP 神经网络的融合设计

（1）输入层设计

由于在区域中传感器测得的数据有四类，分别为温度、湿度、二氧化碳浓度

和光照强度。故输入层神经元的个数为 4 个，分别对应着四种环境参数。

（2）隐含层设计

根据经验公式（式 2.17）计算出隐含层节点数的区域范围，然后通过多次实验找出神经网络输出误差最小时的神经元个数。

$$p = \sqrt{m + n} + a \quad (\text{式 2.17})$$

式中 p 表示隐含层神经元个数， m 表示输入层神经元个数， n 表示输出层神经元个数， a 为 1 到 10 之间的常数。

隐含层神经元个数过少会导致神经网络对环境的学习能力下降，识别能力降低，而隐含层神经元个数过多会使得神经网络的结构变得复杂，从而导致学习的时间过长。采用试错法来确定神经元个数，发现当隐含层神经元个数设为 8 个时，准确率较高，当神经元个数大于 8 个时，准确率基本不再提高，但模型训练时间变长。故隐含层神经元个数设为 8 个。

（3）输出层设计

输出层神经元个数定为 1 个，输出值表示当前环境的一个评分，越接近 1 表示环境越适合生长，越接近 0 则表示越不适合生长。

2.4 本章小结

本章介绍了基于最小距离聚类算法和 BP 神经网络的基本概念和融合过程，以及这些算法的融合设计，并提出了二者相结合的融合设计，最终得到一个关于环境的整体判决结果。

第3章 智慧农业物联网平台的数据分析与存储模块

3.1 平台介绍

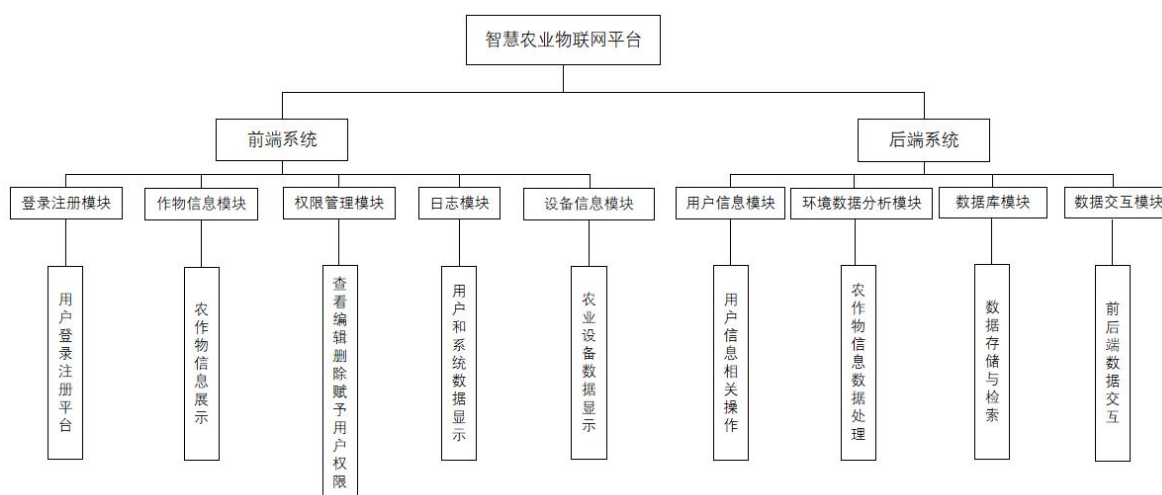


图 3.1 平台结构

该平台是项目组里共同设计的,本文负责后端系统的实现,包括用户信息模块、环境数据分析模块、数据库模块以及数据交互模块。

通过对智慧农业物联网平台的需求进行分析,平台各模块及功能如图 3.1 所示。在后端系统中,用户信息模块包括在登录时对账号密码的真确性认证,并记录进日志中,包括对用户信息的添加、删除、编辑、权限的修改以及用户信息的展示;环境数据分析模块包括查询指定时间段内各个设备测得的环境数据以及数据融合的结果;数据库模块包括用户信息及其权限的存储、日志信息以及各个设备测得的环境数据。数据交互模块包括前端数据请求以及后端数据的交付过程。

3.2 数据交互模块

在 JavaScript 中,XMLHttpRequest 对象常用于在后台与服务器交换数据,它可以在不重新加载页面的情况下更新网页,也可以在页面已加载后从服务器请求和接收数据,还可以向后台服务器发送数据,并且现在的浏览器都支持 XMLHttpRequest 对象。

在创建了 XMLHttpRequest 对象后，通过 open 方法和 send 方法向指定 url（后端 php 文件）发送一个 http 请求（可以携带数据）。在对应的 php 文件中，通过 \$_REQUEST[] 来获得 http 请求中携带的参数，接着向数据库发送请求获得指定的数据后，通过 json_encode 函数将数据转化为 json 格式，最后通过 echo 将数据传回前端。在前端 JavaScript 中，当有数据传送回来时，XMLHttpRequest 对象中的 readyState 状态会变为 4，表示请求已完成，同时 status 会变为 200，此时表示响应已就绪。每当 readyState 状态改变时，就会调用 onreadystatechange 函数，该函数可以自己定义操作。其过程示意图如图 3.1 所示。

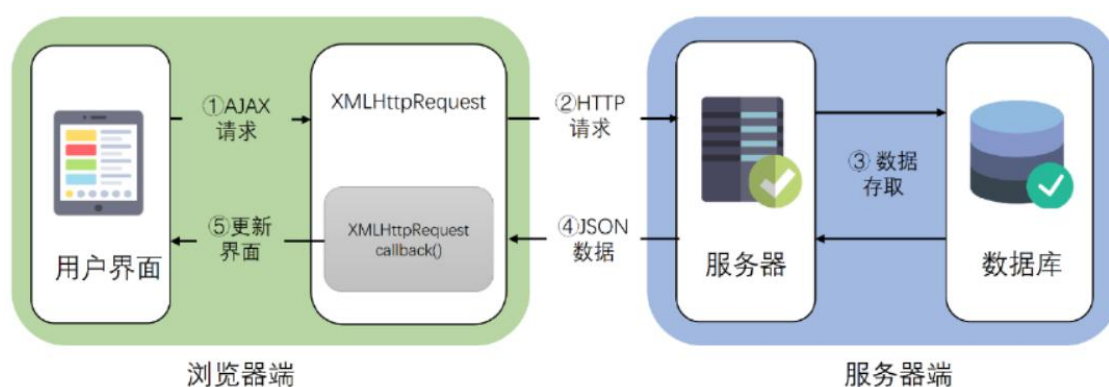
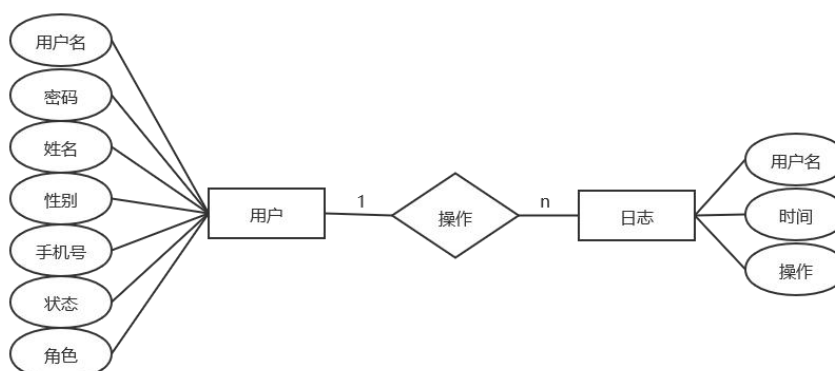


图 3.2 前后端数据交互过程

Ajax 异步传输技术可以使得用户在获得数据后不必重新生成网页，同时能够对局部数据进行更新。由于 JavaScript 的代码会暴露给客户端，同时数据库地址、账号、密码等都会暴露出去，因此 Ajax 技术可以使得读取数据库的代码（比如 php）不会暴露出去，从而也保证了一定的安全性。

3.3 数据库模块设计

3.3.1 概念设计



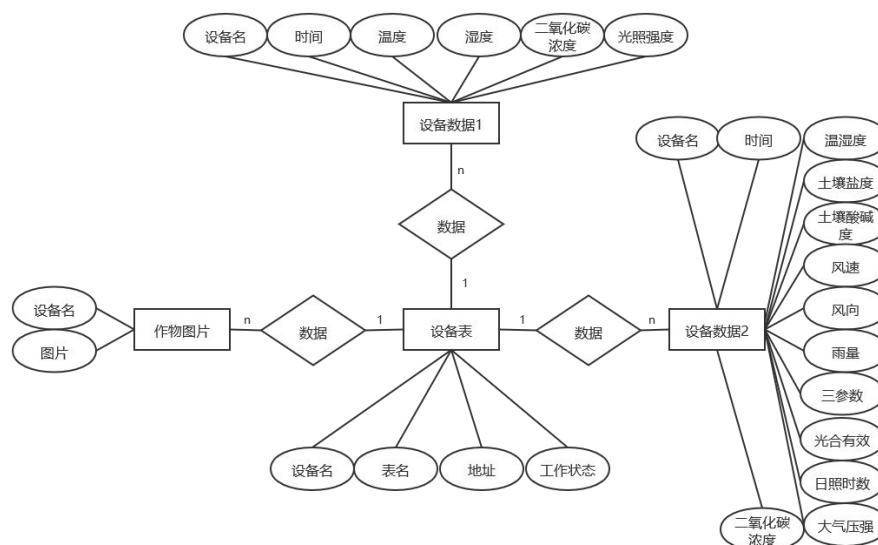


图 3.3 系统数据库 E-R 图

概念设计的作用是根据对用户需求的整合归纳和抽象，得到一个不依赖于具体 DBMS 的概念模型，概念模型展示了实体的属性和其与其他实体之间的依赖关系。根据设计的实体及其属性以及它们之间的依赖关系，得到的实体关系图如图 3.3 所示。其中展示的实体包括用户、日志作物图片、设备表、设备数据 1、设备数据 2。

3.3.2 逻辑设计

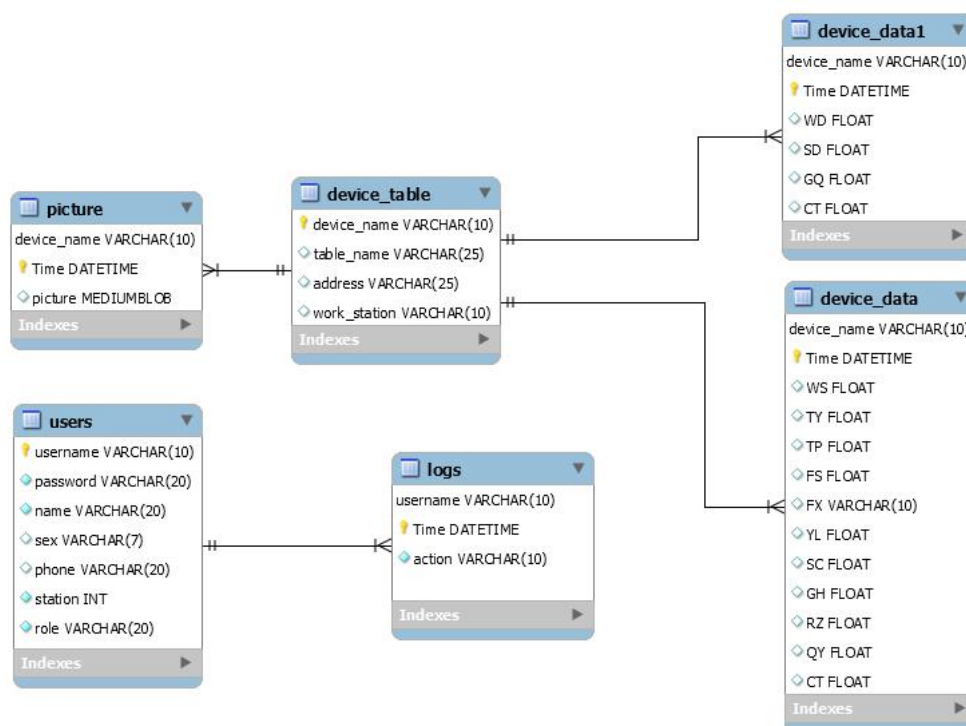


图 3.4 系统数据库逻辑模型

逻辑设计主要是将概念设计中的概念数据模型进行转换，将其中的实体和关系转化为具体的数据库中的表，本系统使用的数据库管理系统是 MySQL。系统的数据库逻辑模型如图 3.4 所示。以下对各数据表进行说明。PK（Primary Key）表示当前字段为主键，FK（Foreign Key）表示当前字段为外键，NN（Not Null）表示字段不能为空，NULL 表示当前字段可以为空

表 3.1 uers 表

字段	字段名	类型	主外键/空
username	用户名	VARCHAR(10)	PK/NN
password	密码	VARCHAR(20)	NN
name	姓名	VARCHAR(20)	NN
sex	性别	VARCHAR(7)	NULL
phone	手机号	VARCHAR(20)	NULL
station	状态	INT	NN
role	角色	VARCHAR(20)	NN

用户信息表如表 3.1 所示，该表记录了所有用户的信息，其中用户名是主键，除了性别和手机号字段外，其余字段均不为空。

表 3.2 logs 表

字段	字段名	类型	主外键/空
username	用户名	VARCHAR(10)	PK/FK/NN
Time	时间	DATETIME	PK/NN
action	操作	VARCHAR(10)	NN

日志记录表如表 3.2 所示，该表记录了用户操作的日志信息，其中用户名和时间作为主键，同时用户名也作为外键，来源于 users 表中的用户名。

表 3.3 device_table 表

字段	字段名	类型	主外键/空
----	-----	----	-------

表 3.3 uers 表（续表）

device_name	设备名	VARCHAR(10)	PK/NN
table_name	表名	VARCHAR(25)	NULL
address	工作地址	VARCHAR(25)	NULL
work_station	工作状态	VARCHAR(10)	NULL

设备表如表 3.3 所示，该表记录了所有设备的信息，其中设备名作为主键，其余字段可以为空。

表 3.4 pictures 表

字段	字段名	类型	主外键/空
device_name	设备名	VARCHAR(10)	PK/FK/NN
Time	时间	DATETIME	PK/NN
picture	图片	MEDIUMBLOB	NULL

图片信息表如表 3.4 所示，该表记录了部分拍摄的作物图片，其中设备名和时间作为主键，同时设备名也作为外键，来源于 device_table 表。

表 3.5 device_data 表

字段	字段名	类型	主外键/空
device_name	设备名	VARCHAR(10)	PK/FK/NN
Time	时间	DATETIME	PK/NN
WS	温湿度	FLOAT	NULL
TY	土壤盐度	FLOAT	NULL
TP	土壤酸碱度	FLOAT	NULL
FS	风速	FLOAT	NULL
FX	风向	VARCHAR(10)	NULL
YL	雨量	FLOAT	NULL
SC	三参数	FLOAT	NULL

表 3.5 device_data 表（续表）

GH	光合有效	FLOAT	NULL
RZ	日照时数	FLOAT	NULL
QY	大气压强	FLOAT	NULL
CT	二氧化碳浓度	FLOAT	NULL

设备数据如表 3.5 所示，其中设备名和时间作为主键，同时设备名也作为外键，来源于 deviceec_table，其余字段为该类设备采集的数据，均可为空。

表 3.6 device_data1 表

字段	字段名	类型	主外键/空
device_name	设备名	VARCHAR(10)	PK/FK/NN
Time	时间	DATETIME	PK/NN
WD	温度	FLOAT	NULL
SD	湿度	FLOAT	NULL
GQ	光照强度	FLOAT	NULL
CT	二氧化碳浓度	FLOAT	NULL

另一组设备的数据如表 3.6 所示，其中设备名和时间作为主键，同时设备名也作为外键，来源于 deviceec_table，其余字段为该类设备采集的数据，均可为空。

3.4 平台主要功能模块实现

3.4.1 用户信息模块实现

3.4.1.1 用户登录模块实现

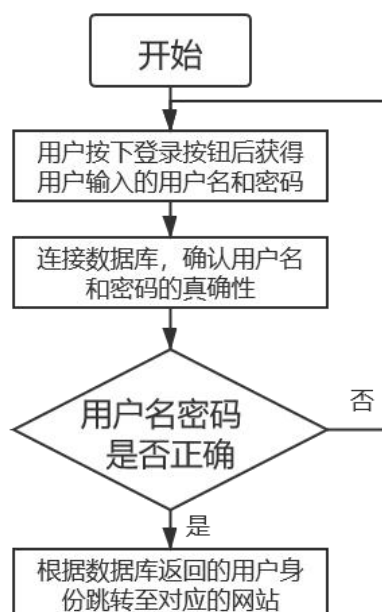


图 3.5 用户登录模块

在用户按下登录按钮后，跳转执行 login.php，在 login.php 中，通过\$_POST[] 获取用户输入的用户名和密码，将用户名和密码作为查询的条件，返回用户的身份，根据返回的结果通过 header 函数跳转至相应的页面。其过程如图 3.5 所示。

3.4.1.2 用户列表模块实现

在打开用户列表模块时，直接调用 member_list.php 获取数据，收到 member_list.php 传来的 json 格式的数据后，通过 document.getElementById().innerHTML 来修改 html 代码，实现数据的展示。

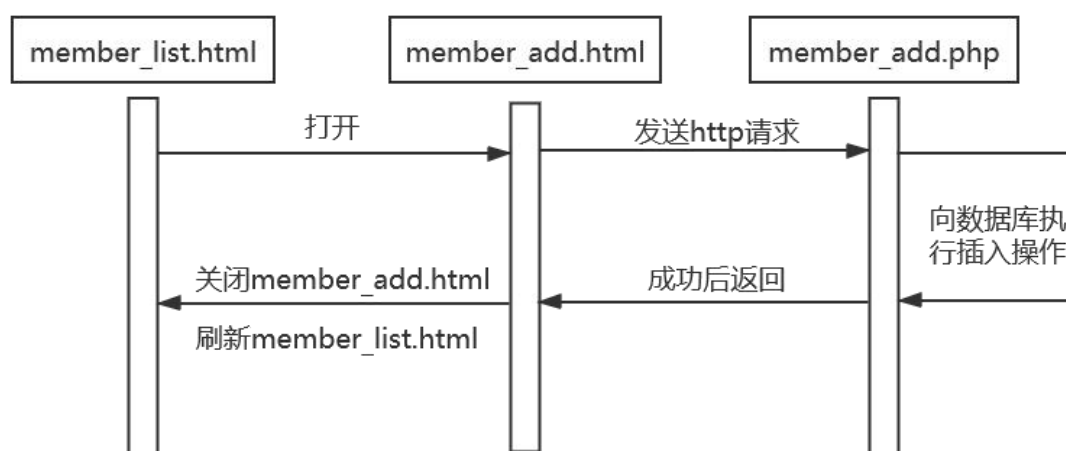


图 3.6 添加功能实现示意过程

添加功能实现：点击添加按钮后，通过 `xadmin.open` 打开新的窗口 `member_add.html`，在填写完需要添加用户的信息后，按下添加按钮，先检查输入的信息是否规范，然后向服务器上的 `member_add.php` 发送一个 `http` 请求，同时携带着用户输入的添加信息，在收到添加成功的响应后，在用户界面提示添加成功，同时关闭当前窗口（`member_add.html`）并对调用窗口（`member_list.html`）进行刷新。在 `member_add.php` 中，通过 `_REQUEST` 获得必要的信息，然后连接数据库，执行插入操作，返回插入结果。过程如图 3.6 所示。

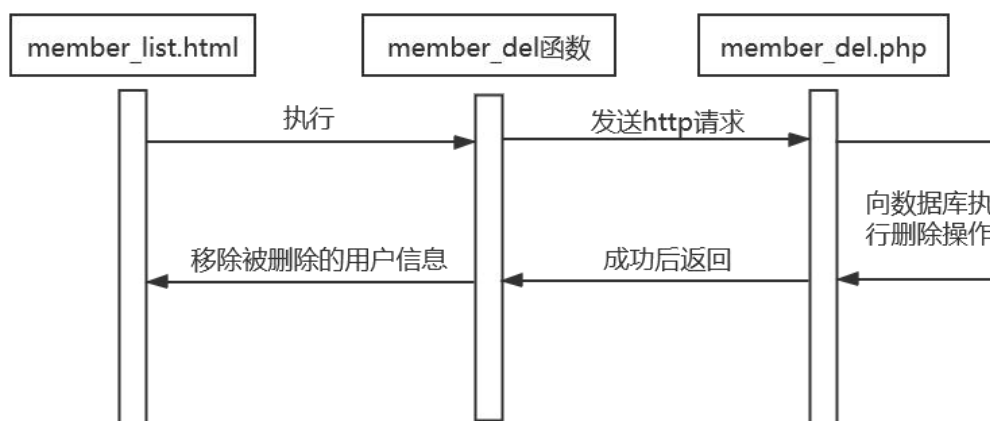


图 3.7 删除功能实现示意过程

删除功能实现：点击添加按钮后，将按钮对应的用户名作为参数传递给 `member_del` 函数，在该函数中，向服务器上的 `member_del.php` 发送 `http` 请求，携带的数据内容是要删除的用户名，在收到删除成功的响应后，在 `member_list.html` 中移除被删掉的用户信息。在 `member_del.php` 中，获取到需要删除的用户名后，连接数据库，执行删除操作，返回删除结果。其过程如图 3.7 所示。批量删除功能即为获取所有选中的“checkbox”对应的用户名，执行删除功能。

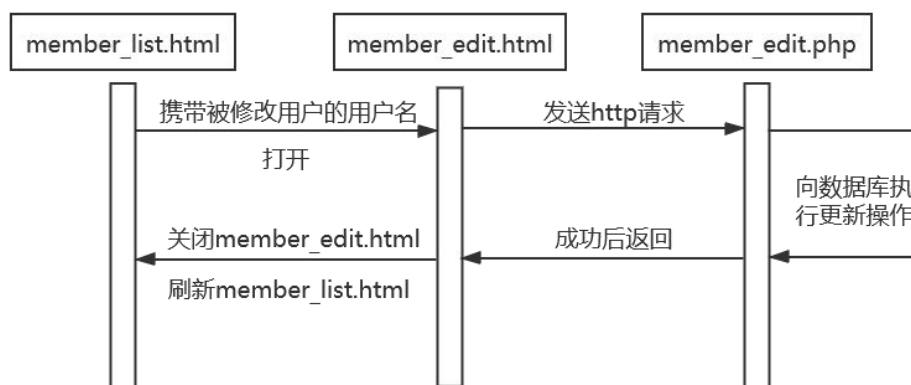


图 3.8 编辑功能实现示意过程

编辑功能实现：点击编辑按钮后，打开 member_edit.html，同时传递参数（被修改用户的用户名），在用户输入完修改的信息并按下修改按钮后，首先检测用户输入的信息是否合法，然后向服务器上的 member_edit.php 发送 http 请求，携带的数据内容为用户输入的数据，在收到修改成功的响应后，在用户界面提示添加成功，同时关闭当前窗口（member_edit.html）并对调用窗口（member_list.html）进行刷新。在 member_edit.php 中，通过 \$_REQUEST 获得必要的参数，然后连接数据库，执行更新操作，返回更新结果。过程如图 3.8 所示。

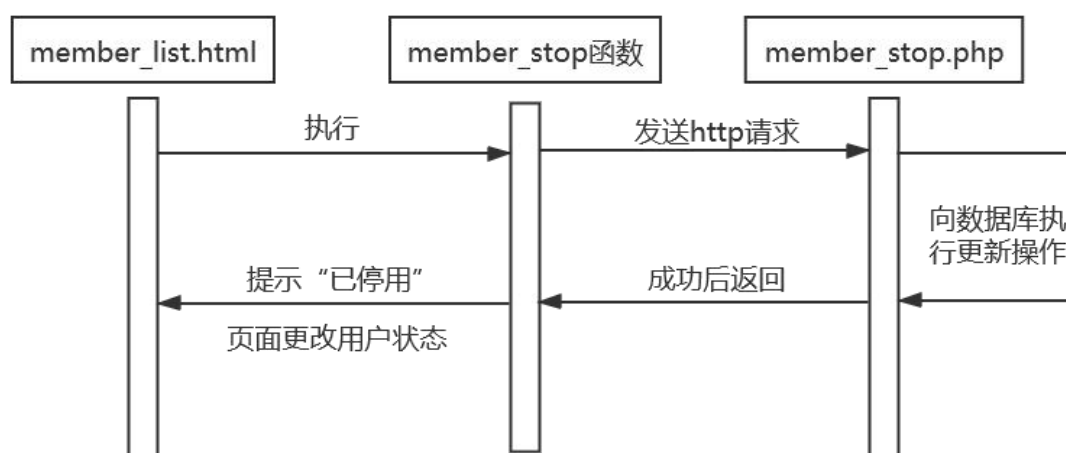


图 3.9 停用功能实现示意图

停用启用功能实现：点击停用按钮后，将按钮对应的用户名作为参数传递给 member_stop 函数，在该函数中，向服务器上的 member_stop.php 发送 http 请求，携带的数据内容是要停用的用户名，在收到修改成功的响应后，在 member_list.html 中更改被停用的用户信息。在 member_stop.php 中，获取到需要删除的用户名后，连接数据库，执行更新操作，返回更新结果。其过程如图 3.9 所示。

用户权限模块的各种功能实现与用户列表模块各功能实现流程大致相同。

3.4.2 环境数据分析模块实现

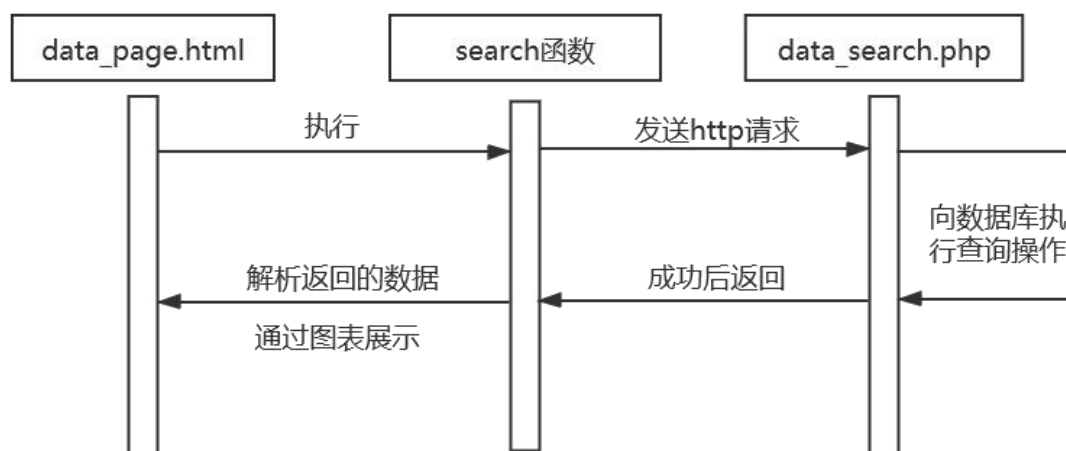


图 3.10 数据统计图模块实现示意图

数据统计图模块实现：在输入查询的时间段后，点击查询按钮，执行按钮对应的函数 `search`，在 `search` 函数，获取输入的起始日期和中止日期，发送 `http` 请求，将这两个参数传递至 `data_search.php`，在收到响应的数据后，对数据进行解析，将同一设备同一类型的数据存至同一数组中，最后通过折线图的形式展示出来。在 `data_search.php` 中，连接数据库，查询起始日期 00:00:00 至终止日期 23:59:59 的所有数据，并以 `json` 格式返回。模块实现过程如图 3.10 所示。

数据分析图模块实现：网络模型为 3 层的 BP 神经网络：1 个输入层，1 个隐藏层和 1 个输出层。在模型训练完成后，对传感器设备输入的四类环境参数（温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度）进行拟合输出最终的一个环境评分，然后通过折线图的形式展示出来。

3.5 本章小结

本章介绍了智慧农业物联网管理平台，如何利用 `Ajax` 技术进行前后端数据交互，以及数据库存储模块的设计，并从后端实现的角度介绍了该平台各个模块的功能的一个实现流程。

第 4 章 实验测试与分析

4.1 数据融合算法测试与分析

4.1.1 基于最小距离聚类算法

六个传感器测量同一时刻的温度和湿度值，其测量结果如表 4.1 所示。

表 4.1 温度湿度测量值

传感器号	1	2	3	4	5	6
温度值/°C	27.81	28.54	28.63	28.90	28.27	28.31
湿度值/%	0.69	0.62	0.72	0.68	0.64	0.71

温室中实际温度为 28.60°C，实际湿度为 67.50%，算出距离参考矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 19.313 & 9.487 & 18.028 & 45.278 & 41.049 \\ 19.313 & 0 & 13.454 & 36.497 & 27.074 & 24.698 \\ 9.487 & 13.454 & 0 & 27.295 & 36.878 & 32.016 \\ 18.028 & 36.497 & 27.295 & 0 & 63.127 & 59.076 \\ 45.278 & 27.074 & 36.878 & 63.127 & 0 & 8.062 \\ 41.049 & 24.698 & 32.016 & 59.076 & 8.062 & 0 \end{bmatrix}$$

根据距离参考矩阵 D， $d_{56}=8.062$ 最小，所以按照融合公式，取 $c=1.001$ ，将 π_5 和 π_6 融合成新项 π_7 ，有 $f(x_{51}, x_{61}) = 28.269$ ， $f(x_{52}, x_{62}) = 0.6750$ ，即新项的温度为 28.269，湿度为 0.6750，用 π_7 替换 π_5 和 π_6 ，继续参与融合，…。最终融合得到的温度为 28.628°C，湿度为 67.44%，而简单的算术平均得到的温度为 28.5562，湿度为 67.67%。相比之下更加接近于真实值。

在对智慧农业物联网平台采集的数据进行融合时，融合结果如图 4.1 所示。其中，G2D1、G2D2、G2D3、G2D4 分别表示 4 个同类型的传感器的数据，最终的融合结果为图中的紫色部分。

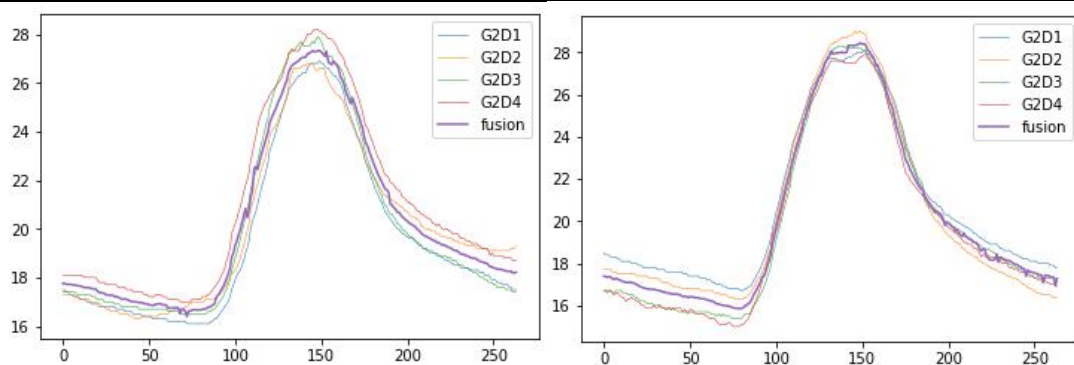
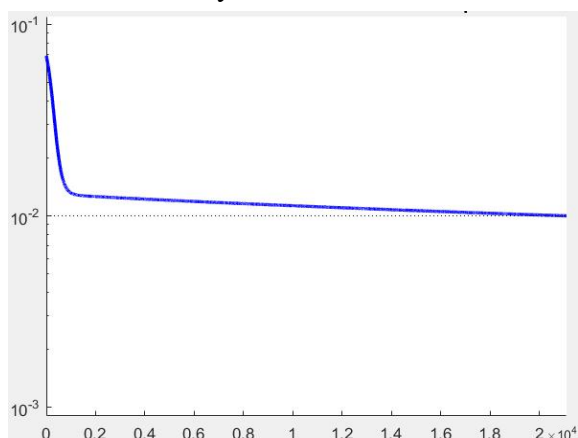


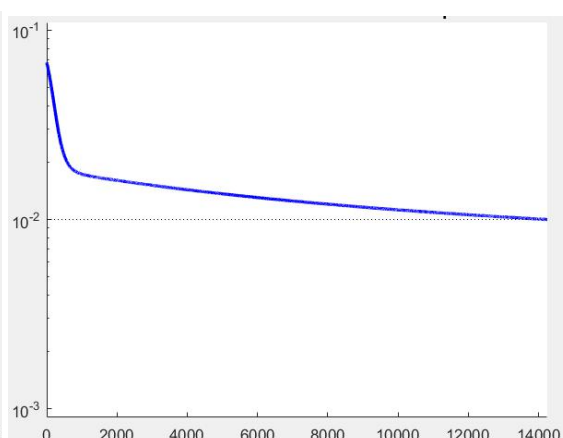
图 4.1 最小距离聚类算法融合结果

4.1.2 BP 神经网络

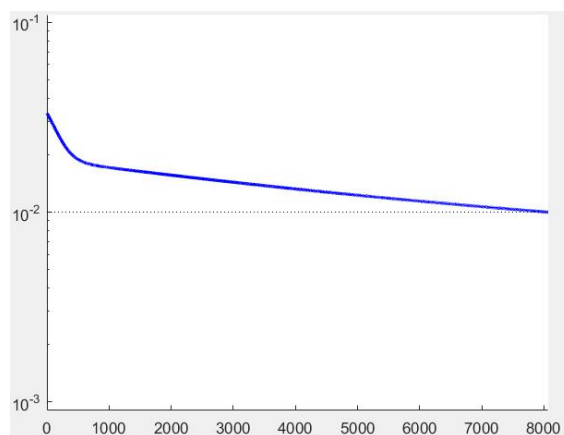
隐藏层神经元节点个数的设计往往需要通过大量的实验来确定，神经元个数过多会导致网络结构变得复杂，从而学习时间过长，而神经元个数太少则会使得学习能力变弱。采用试错法来确定隐藏层神经元个数，对应的误差函数如下（x 轴表示迭代次数，y 轴表示均方误差 MSE，目标为 0.01）：



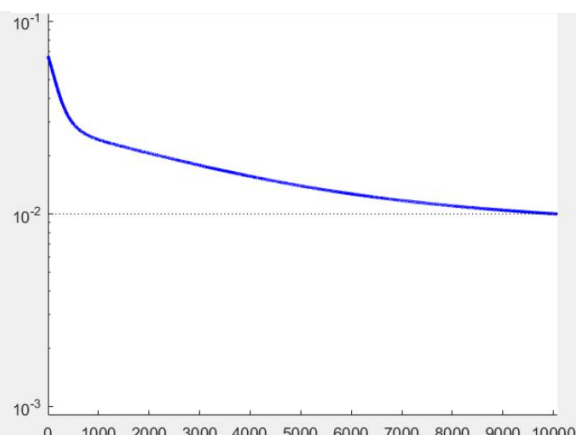
(a) 隐藏层神经元个数为 4



(b) 隐藏层神经元个数为 6



(c) 隐藏层神经元个数为 8



(d) 隐藏层神经元个数为 10

图 4.2 均方误差训练图

通过多次实验，对比图 4.2 中隐藏层神经元个数为 4, 6, 8, 10 时的训练结果，可以看出，当隐藏层神经元个数为 8 时，神经网络的迭代次数为 8000 多次，此时的神经网络效果较好。

在最终测试 BP 神经网络效果时，选取 1000 个标注好的数据，通过 BP 神经网络进行拟合后与真实值进行对比，发现在 0.1 的误差下，准确率为 99.9%，0.05 的误差下 98.1%，对于一个对环境的评分来说，误差在可接受范围内。

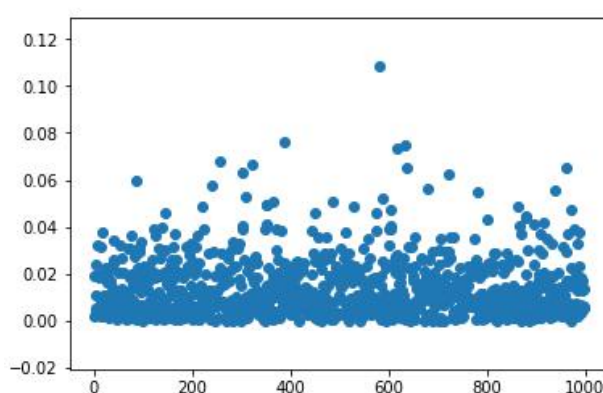


图 4.1 BP 神经网络真实值与预测值之差

4.2 智慧农业物联网管理平台

4.2.1 用户信息模块测试

当超级管理员登录成功时，会跳转至主页面，若其的状态为未启用时，则会被禁止访问。禁止访问提示如图 4.2，点击 Return 即可回到登录界面。

Failed to login, No Right ! Click here to [Return](#)

图 4.2 被禁用后登录提示

在用户列表界面，进行任何一项操作都将修改数据库的内容，比如在用户列表界面删除一个用户时，对应的在用户权限界面也将被删除。

删除前后的用户权限界面展示如图 4.3 和 4.4 所示。



图 4.3 删除用户 111 前的界面



图 4.4 删除用户 111 后的界面

4.2.2 数据分析模块测试



图 4.5 数据统计图查询界面

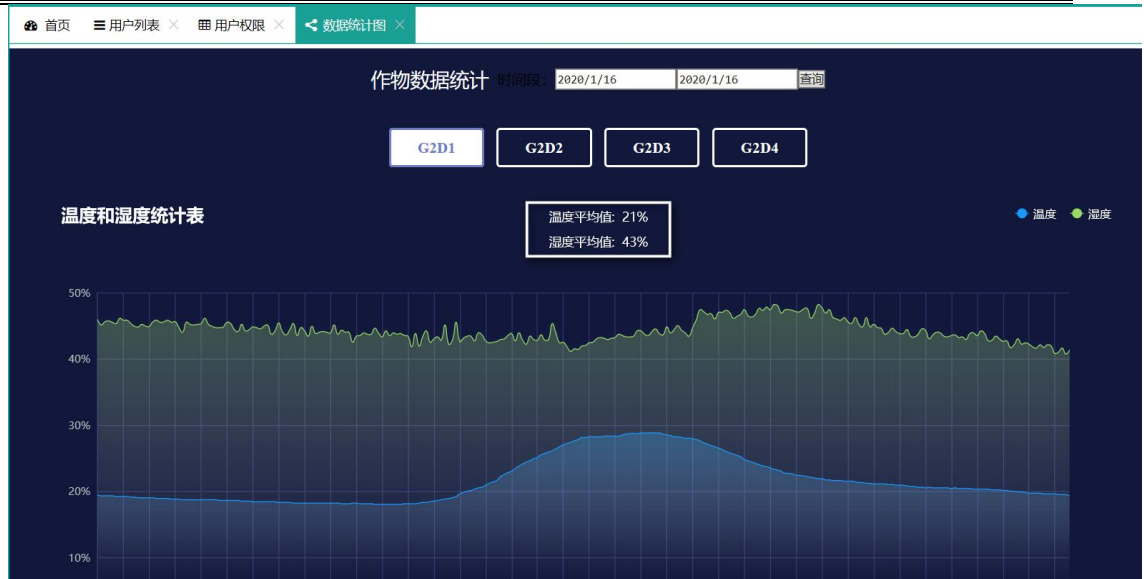


图 4.6 数据统计图查询结果界面

进入数据统计图界面后，首先是查询界面，如图 4.5 所示，在输入查询起始时间和终止时间后，点击查询按钮，得到数据统计图，如图 4.6 所示。

结 论

本文以智慧农业为背景，对多源数据融合模型及相关融合方法进行了研究，同时对智慧农业物联网平台的后端系统进行了设计与实现。本文主要的工作包括以下几点：

（1）利用了基于最小距离聚类算法对同类传感器进行融合，使得多传感器之间的数据融合的精度有所提高，再通过 BP 神经网络进行特征级融合，能得出一个较为精确的环境判断。

（2）对智慧农业物联网平台进行了分析和总结，设计了平台所依赖的数据模型，包括概念设计和逻辑设计。描述了前后端交互过程，包括 HTTP 协议的使用，JSON 数据格式和 Ajax 异步传输。最后描述了平台各模块是如何进行数据交互并实现相应的功能的。

由于时间和条件限制，本文仍有许多不足的地方：

（1）对于环境的监测及控制是个非常复杂的工程，本文只对其中四个因素进行了监测，对其他环境影响因子（比如土壤盐度等）未进行考虑。

参考文献

- [1] 王瑞. 基于物联网技术的日光温室环境监控系统的研发. 内蒙古: 内蒙古工业大学, 2018.
- [2] 郑婷婷. 基于物联网的智慧农业控制管理系统. 西安: 西安工程大学, 2018.
- [3] 刘凯, 郭勇义, 闵远胜等. 煤矿安全监测多传感器分层数据融合模型研究. 工矿自动化, 2014.
- [4] 金溢. 基于多源数据融合的草原环境监测模型及算法研究. 内蒙古: 内蒙古科技大学, 2019.
- [5] Hwang J, Shin C, Yoe H. Study on an agricultural environment monitoring server system using wireless sensor networks. Sensors, 2010.
- [6] 王亚冬. 智慧农业大棚测控及信息管理系统. 山东: 山东建筑大学, 2019.
- [7] 宋涵. 针对小型无人机目标的多雷达数据融合方法研究. 南京: 南京邮电大学, 2019.
- [8] 刘晓军. 基于数据融合的智能护理床排便监测方法研究. 太原: 太原理工大学, 2019.
- [9] 董伟, 朱建勇. 基于多传感器的温室环境数据融合算法研究. 北京: 华北计算机系统工程研究所, 2012.
- [10] 程曼, 袁洪波, 张素, 张德宁, 史湘玲. 基于多传感器数据融合的温度环境控制的研究. 河北: 河北农业大学机电工程学院, 2008.
- [11] 胡江生. 基于 Java EE 的智慧农业软件平台. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [12] 赵立安. 农业物联网的应用及其数据融合技术的研究. 广西: 广西大学, 2018.
- [13] 林少龙. 基于 Windows Azure 云计算的中小企业 ERP 平台的设计与实现. 湖南: 湖南大学, 2018.
- [14] 常润民. 基于物联网的生猪养殖环境监控系统研制. 江苏: 江苏大学, 2019.

哈尔滨工业大学本科毕业设计（论文）原创性声明

本人郑重声明：在哈尔滨工业大学攻读学士学位期间，所提交的毕业设计（论文）《智慧农业物联网平台的数据分析与存储模块实现》，是本人在导师指导下独立进行研究工作所取得的成果。对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明，其它未注明部分不包含他人已发表或撰写过的研究成果，不存在购买、由他人代写、剽窃和伪造数据等作假行为。

本人愿为此声明承担法律责任。

作者签名： 宋锦文 日期： 2020 年 06 月 07 日

致 谢

衷心感谢导师王玲教授对本人的精心指导。王老师虽然平时工作很忙，但是只要找她讨论项目相关的事，她都会放下手头工作尽心为我解答，对我在论文中各种知识的普及与讲解，使得我在对论文中的理论部分的前进中有着非常巨大的帮助，她的言传身教将使我终生受益。

最后，感谢实验室全体老师和同窗们的热情帮助和支持。我不仅从各位老师身上学到了受益终身的知识，并且看到了各位老师对待学生在学习上的耐心和关照。