

萧山白对虾气象灾害监测预警技术的研究

茅成铮¹, 刘若岚¹, 袁淑杰¹, 张碧¹, 蔡璐璐^{2*}

¹成都信息工程大学, 四川 成都

²杭州市萧山区气象局, 浙江 杭州

收稿日期: 2022年10月4日; 录用日期: 2022年11月4日; 发布日期: 2022年11月16日

摘要

大棚气温调控效果与地域、季节、天气类型、作物种类/养殖品类有关, 现阶段研究主要集中在以下几个方面: 研究区域多为华中、华东、西北、华北和东北地区; 季节多为冬夏季; 作物多为蔬菜、水果、林木; 资料为逐日或逐时棚内外气温数据。由于技术进步和自动气象站增多, 能够提供分钟级气象观测, 为大棚气温调控效果精准研究提供了可能。大棚内高、低温灾害分布与地域、季节、天气类型、作物种类/养殖品类有关, 现阶段大棚种植/养殖高、低温灾害研究区域主要在华北、东北、华东、华南、华中和西北地区; 研究对象多为植物, 水产类研究较少; 资料为逐日或逐时气温数据。但目前大棚内气象要素预报由当地的区域站预报数据提供, 从前人的研究可以发现, 大棚内气象要素与当地区域站的预报数据存在很大差异, 所以直接用区域站预报作为大棚内气象预报不能够准确为农户提供田间操作指导。外界环境对大棚内气象要素影响很大, 所以找到外界和棚内气象要素的关系对于建立大棚内气象要素预报十分重要。本文利用2019年5月~2020年11月萧山地面常规气象观测站逐日日照时数资料、萧山区区域站10 min空气温度和大棚内小气候观测站0.12 m处10 min水下温度, 分析春、夏、秋季不同天气类型下不同模型对大棚白对虾高、低温灾害监测及预警。

关键词

模型预测, 大棚小气候, 灾害监测预警

Research on Monitoring and Warning Technology of Meteorological Disaster in Xiaoshan White Shrimp

Chengzheng Mao¹, Ruolan Liu¹, Shujie Yuan¹, Bi Zhang¹, Lulu Cai^{2*}

¹Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²Hangzhou Xiaoshan District Bureau of Meteorological, Hangzhou Zhejiang

*通讯作者。

文章引用: 茅成铮, 刘若岚, 袁淑杰, 张碧, 蔡璐璐. 萧山白对虾气象灾害监测预警技术的研究[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(6): 957-968. DOI: 10.12677/ccrl.2022.116100

Abstract

The temperature control effect of greenhouse is related to region, season, weather type, crop type/breeding category. At present, the research mainly focuses on the following aspects: central China, East China, Northwest China, North China and Northeast China; most seasons are winter and summer; crops are vegetables, fruits, trees; and the data is the temperature data day by day or time by time. Due to technological progress and the increase of automatic meteorological stations, it can provide minute meteorological observation, which provides the possibility for the accurate study of the effect of temperature control in greenhouses. The distribution of high and low temperature disasters in greenhouses is related to region, season, weather type, crop type/breeding category. At present, the greenhouse planting/breeding disaster research area is mainly in North China, Northeast China, East China, South China, Central China and Northwest China; mostly plants and few aquatic studies; the data are daily or time by time temperature data. However, at present, the forecast of meteorological elements in the greenhouses is provided by the forecast data of local regional stations. Previous studies can find that the meteorological elements in the greenhouses are very different from the forecast data of local regional stations. Therefore, the direct use of regional station forecast as the meteorological forecast in the greenhouses can not accurately provide field operation guidance for farmers. The external environment has a great impact on the meteorological elements in the greenhouse, so it is very important to find the relationship between the outside world and the meteorological elements in the greenhouse to establish the forecast of the meteorological elements in the greenhouse. This paper uses the daily sunshine time data of Xiaoshan ground conventional meteorological observation station from May 2019 to November 2020, 10 min air temperature of 10 min in Xiaoshan regional station and 10 min at 0.12 min greenhouse microclimate observation station to analyze the monitoring and early warning of high and low temperature disasters in greenhouses by different models under different weather types in spring, summer and autumn.

Keywords

Model Prediction, Greenhouse Microclimate, Disaster Monitoring and Early Warning

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

由于大棚的调温能力,使得棚外气温与水温差异较大,为了更好的对大棚白对虾高、低温灾害进行预警,需要确定大棚白对虾遭受高低温灾害时,大棚外气温指标。郝海华等就新疆灾害性天气对大棚蔬菜的影响,发现棚外气温 $-3^{\circ}\text{C}\sim-2^{\circ}\text{C}$ 时,棚内气温 $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$,30%喜温蔬菜受害;李美荣等就2004年12月~2005年1月陕西省关东降温过程发现,大棚蔬菜棚内死苗率达30%~40% [1];杨文刚等分析湖北冬茼蒿,表明棚内气温 $< -4^{\circ}\text{C}$ 时,大棚茼蒿发生冻害[2];刘可群等分析武汉市大棚茼蒿,表明2008年1月12~22日,棚内29%的茼蒿遭受严重冻害[3];黄海涛等利用2010年3月逐日气温资料对照分析杭州市大棚茶园,表明棚内气温至 -7°C 时,96.8%的芽头遭受严重冻害[4];侯伟等利用2012年11月~2013年11

月逐日逐时气温分析海南棚栽西瓜,表明极端低温达到7℃且12℃以下低温持续13 d以上,西瓜减产40% [5];张德林等就上海市2013年11月~2014年3月逐日逐时气温数据分析大棚草莓,表明2~3月晴天时,棚内气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 发生高温灾害[6];贺红梅等利用2014年11~12月至2014年1~4月、11~12月棚内逐日气温与棚外逐日最低气温建立相关关系分析甘肃大棚蔬菜低温冻害,表明棚内气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 且持续时间超过20 h、30 h时,棚内作物出现中、重度低温灾害[7]。

目前大多数学者都是对大棚内外的温度、湿度、日照等气象要素进行同时期观测,利用逐步回归分析方法建立数学模型。比如:刘可群和黎明锋等对武汉春季城郊冬春季棚内外气温、地温进行了逐小时对比观测试验,利用相关分析和逐步回归分析方法建立棚内气温、地温统计数学模型,准确预测大棚内逐时气温、地温变化,为菜农进行大棚揭、闭膜提供科学指导[8];符国魏和张波等根据大棚内外逐小时气象数据,采用逐步回归方法建立大棚内气温预报模型,为慈溪市大棚气象要素调控及小气候预报提供支持[9]。随着科技的发展,利用更精密的方法寻找大棚内外气象要素关系的研究日益增多,国内外很多学者在这方面也有了许多成果,比如:金志凤和符国槐等利用塑料大棚内外30分钟平均气象数据,构建了基于BP神经网络的杨梅生产大棚最高、最低气温预测模型[10],该模型所需参数少、实用性强、模拟精度高,可为大棚杨梅气象服务和环境调控提供科学依据;Walker建立了温室的能量平衡模型,但是其模型较为简单,其中许多热流的计算误差很大。因此选择合适的模型来大棚白对虾高低温灾害进行检测和预警是目前的研究重点之一。

2. 资料与方法

利用2019年5月~2020年11月杭州萧山区地面常规气象观测站逐日日照时数资料、萧山区区域自动气象站10 min空气温度,棚内小气候观站10 min水下0.12 m温度,根据白对虾棚外高、低温灾害指标,对棚内水下温度进行分类统计,并根据气象及气候学划分方法对数据进行季节及天气类型分类,对比白对虾棚外高、低温灾害受灾指标,利用Python程序对数据进行分类处理。分别计算出大棚白对虾高、低温灾害发生频率,作出高、低温灾害频率累计曲线,对大棚白对虾高、低温灾害作出棚内水下温度受灾指标,对大棚白对虾高、低温灾害进行监测。

2.1. 白对虾高、低温灾害指标

白对虾生长与摄食受水温影响很大,当水温不适应白对虾生长时,将遭受高、低温灾害。白对虾高、低温灾害指标表如表1所示:

Table 1. Greenhouse white prawn high and low temperature disaster index
表 1. 大棚白对虾高、低温灾害指标

	高温灾害	低温灾害
水下温度	$>35^{\circ}\text{C}$	$<18^{\circ}\text{C}$

2.2. 大棚白对虾高、低温灾害发生频率和累计频率曲线

为量化研究大棚白对虾高、低温灾害分布情况,统计棚外气温每 0.5°C 区间,大棚白对虾高、低灾害气温出现频率。即春季晴天大棚外气温 4.0°C ~ 4.5°C 观测总次数为 N_2 ,高温灾害气温出现总次数为 M_2 ,则该区域内大棚白对虾高温灾害发生频率 F 可以表示为:

$$F = \frac{M_2}{N_2} \times 100\%$$

为定量研究大棚白对虾高、低温灾害指标，使用累积频率法，分别向上累积高、低温灾害每 10% 的发生频率，做出频率曲线。

2.3. BP 神经网络模型

应用数理统计分析方法，分析大棚白对虾内水下温度与棚外气象要素(棚外气温、相对湿度、最高气温、小时雨量)的相关性。

Table 2. Correlation coefficient between the temperature in the shed and the meteorological factors outside the shed
表 2. 棚内气温与棚外气象因素相关系数

	棚外			
	空气温度	相对湿度	最高气温	小时雨量
棚内气温	0.88**	-0.15*	0.88**	0.015

注：**表示通过 0.01 水平显著性检验，*表示通过 0.05 水平显著性检验。

由表 2 可见，棚外气象要素同大棚内水下温度有较好的相关性且通过显著性检验，将棚外空气气温、相对湿度、最高气温等要素作为 BP 神经网络的输入变量同时预测大棚内水下温度是可行的。依据学习寻优原则，以棚外空气气温、相对湿度、最高气温为模型输入变量，以棚内水下温度为模型输出量，进行模型预测试验寻找最优隐含层结构。此次模型使用三层神经网络，第一层输入神经元为 3，分别为棚外空气气温、相对湿度、最高气温。中间层隐藏层为 256，经过中间层后使用 ReLU 激活函数，再传递到最后一层，最后一层神经元为 1，输出预测的棚内气温的值，模型结构如图 1 所示。

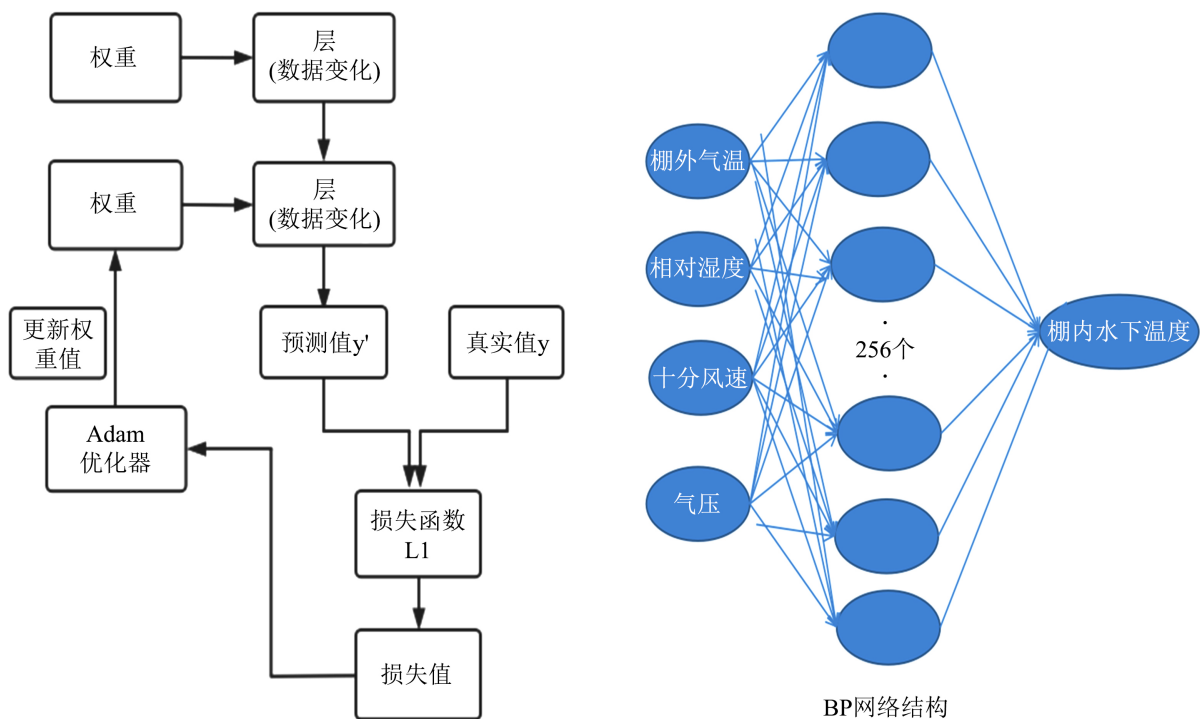


Figure 1. Three-layer BP neural network structure
图 1. 三层 BP 神经网络结构

$$\text{ReLU}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x, & x > 0 \end{cases}$$

式中 x 为输入自变量, $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$, x_1 为棚外空气温度, x_2 为相对湿度, x_3 为最高气温。

模型选用 Adam 优化器, 设置学习率为 $1e-3$, 使用 $L1$ 损失函数, 每次加载数量为默为 3000, 训练默认 50 轮次, 训练完之后保存模型。

$$L1 = \sum_{i=1}^n |Y_i - f(x_i)|$$

其中 Y_i 为真实值, $f(x_i)$ 为预测值, n 为样本数。

为解决神经网络输入变量间的单位以及数量级不一致的问题, 对数据进行标准化处理。标准化处理使用 Batch Normalization 算法(BN 算法), 即:

沿着通道计算每个 batch 的均值 μ :

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

沿着通道计算每个 batch 的方差 σ^2 :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

其中 n 为样本数; x_i 为输入变量值。对输入变量做归一化处理:

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - \mu}{\sqrt{\sigma^2 + \varepsilon}}$$

\tilde{x}_i 为第 i 个变化后数据; ε 为随机变量。引入缩放和平移变量, 计算归一化的值:

$$y_i = \gamma \tilde{x}_i + \beta$$

其中 y_i 为归一化后的值; γ 为缩放变量; β 为平移变量。

隐藏层到输出层无传递函数, 输入四维输出一个值。本研究使用梯度下降法, 权重会自动优化。梯度下降法方程:

$$\theta^{next} = \theta^{now} - \alpha \nabla f(\theta^{now})$$

其中 θ^{next} : x 在下一个时刻的坐标, θ^{now} : x 在当前时刻的坐标, $f(\theta^{now})$ 目标函数在 (θ^{now}) 点的导数。

模型选定相关参数值: 初始学习速率 $\eta = 0.1$, 最大循环次数为 3000 次, 目标方差为 0.0001, 神经网络模型采用 Python3.6 软件通过编程实现。

2.4. 逐步回归模型和模型检验

为对比 BP 神经网络模型对白灵菇大棚内水下温度模拟效果, 应用数理统计分析方法, 建立逐步回归模型, 对大棚内水下温度进行预测。逐步回归模型方程为:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + \varepsilon$$

式中 b_0 为常量, X_1, X_2, \dots, X_n 为建立逐步回归模型引入的变量因子, b_1, b_2, \dots, b_n 为变量系数, ε 为随机误差。为比较两种模型预测效果, 建立逐步回归模型选用因子与 BP 神经网络模型相同。

利用均方根误差 Root Mean Squared Error (RMSE)和平均绝对误差 Mean Absolute Error (MAE)对模型模拟精度及模拟值与观测值的拟合度进行分析。

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{OBS}_i - \text{SIM}_i)^2}{n}}$$

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{OBS}_i - \text{SIM}_i|}{n}$$

式中 OBS_i 为模型模拟值, SIM_i 为实际观测值, n 为样本数。

利用命中率 Probability of Detection (POD) 来量化模型模拟准确率, 即正确预测值占实际数据的比重。

$$\text{POD} = \frac{\text{True}}{\text{True} + \text{False}}$$

式中 True 指预测值与实测值误差(w)在一定范围内的样本数; False 指预测值与实测值误差(w)超过所定范围的样本数。

3. 大棚白对虾高、低温灾害监测

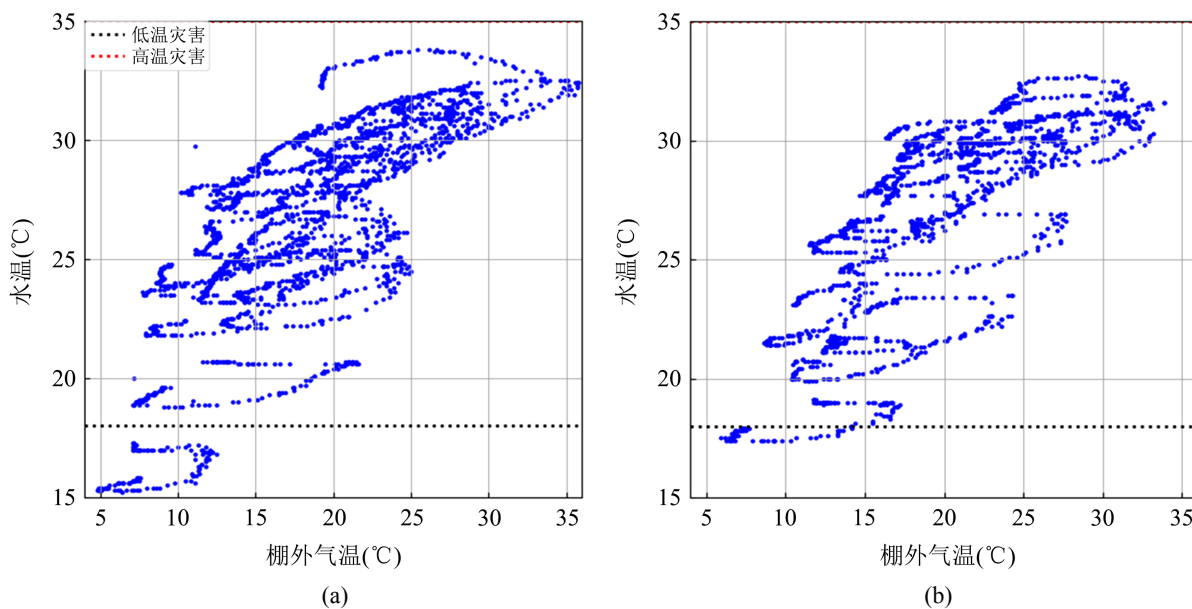
大棚白对虾高、低温灾害分布情况与季节、天气类型有关。白对虾养殖时间灵活, 只要水温在 20°C 以上时, 即可放苗, 多为一年两茬, 分别在清明前后和 8 月左右, 养殖时间基本可以覆盖全年。本文建立春、夏、秋季晴天、少云、多云、阴天四种天气类型下, 12 个大棚白对虾棚外气温与棚内水温数据集, 进行不同季节四种天气类型下大棚白对虾高、低温灾害监测。

3.1. 春季大棚白对虾高、低温灾害分布

大棚白对虾高、低温灾害分布受棚外气温影响, 图 2 为春季不同天气类型条件下, 高、低温灾害分布情况(图 2(a)~(d)), 由图 2(a)~(d)可知: 春季无高温灾害发生, 低温灾害在四种天气类型下均有发生。

春季大棚白对虾高、低温灾害指标

大棚白对虾不同灾害发生频率对应不同棚外气温, 为量化研究大棚白对虾生长发育过程中高、低温灾害指标, 根据大棚白对虾高、低温灾害发生频率分别向上累积每 10% 的灾害频率, 做频率曲线(图 3)。



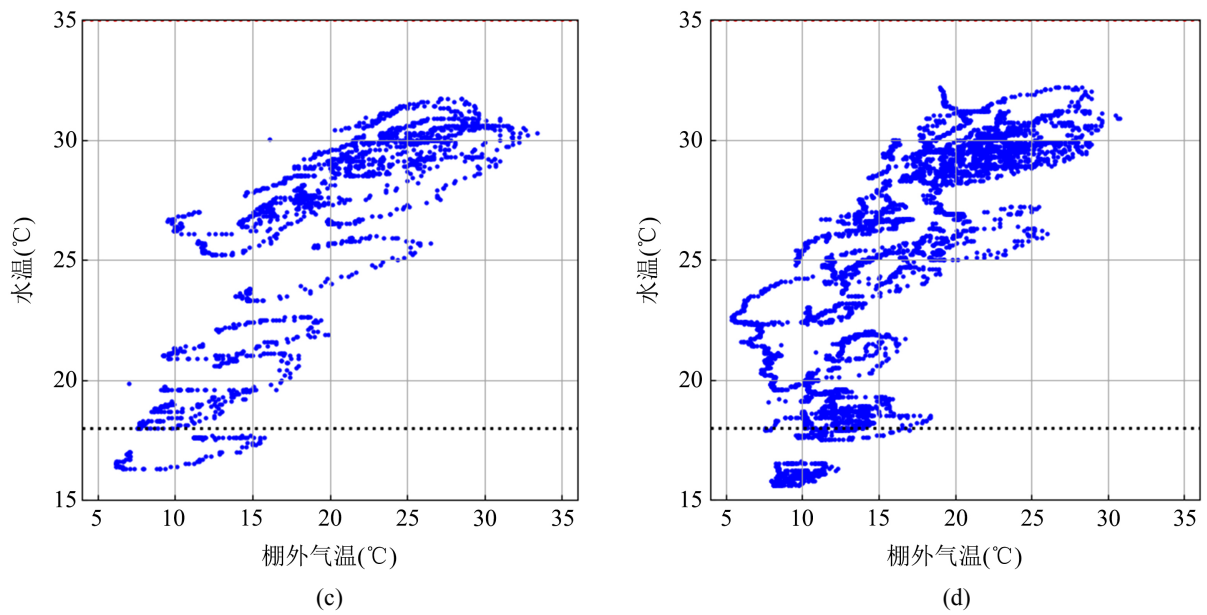


Figure 2. (a) Distribution of high and low temperature disasters in spring sunny days; (b) Distribution of high and low temperature disasters in spring little cloud days; (c) Distribution of high and low temperature disasters in spring cloudy days; (d) Distribution of high and low temperature disasters in spring overcast sky days

图 2. (a) 春季晴天高、低温灾害分布; (b) 春季少云高、低温灾害分布; (c) 春季多云高、低温灾害分布; (d) 春季阴天高、低温灾害分布

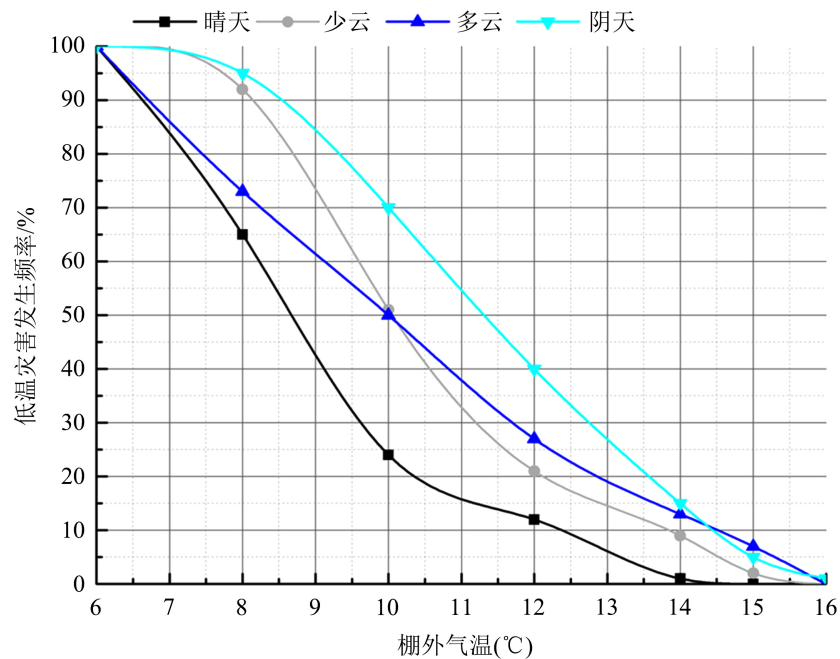


Figure 3. The frequency of low-temperature disasters in spring changes with the temperature outside the shed

图 3. 春季低温灾害发生频率随棚外气温变化

图 3 为春季低温灾害发生频率随棚外气温变化, 由图可知每 10% 灾害发生频率时对应棚外气温, 结果见表 3:

Table 3. Spring temperature index outside low temperature disaster greenhouse of white prawn
表 3. 春季大棚白对虾低温灾害棚外气温指标

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
晴天	12.4	10.4	9.6	9.2	8.7	8.2	7.8	7.2	6.6	6.0
少云	13.8	12.0	11.2	10.5	10.0	9.6	9.2	8.7	8.2	7.0
多云	14.5	12.8	11.7	10.8	10.0	9.1	8.2	7.4	6.7	6.0
阴天	14.4	13.6	12.7	12.0	11.3	10.7	10.0	9.3	8.5	7.0

注：气温单位：℃。

由表 3 可见，春季低温灾害在四种天气类型下均频发，其中在同一棚外气温条件下，阴天更易发生低温灾害；棚外气温小于 10℃时，少云比多云天气更易发生低温灾害，棚外气温大于 10℃时，多云比少云天气更易受灾；晴天受灾程度最轻。

3.2. 夏季大棚白对虾高、低温灾害分布

为明确夏季大棚白对虾高、低温灾害受棚外气温影响，分析夏季不同天气类型条件下高低温灾害分布，可知：夏季无低温灾害发生，高温灾害在夏季四种天气类型下均频发。

夏季大棚白对虾高、低温灾害指标

为了进一步量化进行夏季大棚白对虾高、低温灾害监测，分析夏季不同天气类型条件下，高、低温灾害发生频率随棚外气温变化可知每 10%灾害发生频率时对应棚外气温，结果见表 4：

Table 4. The temperature index outside the high-temperature disaster shed in the summer greenhouse of white prawn
表 4. 夏季大棚白对虾高温灾害棚外气温指标

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
晴天	26.0	26.5	27.0	27.6	28.2	29.2	33.0	36.6	37.5	
少云	27.2	28.8	36.0	37.7						
多云	34.4	35.4	36.6							
阴天	33.9	34.7	35.3	36.0	37.1					

注：气温单位：℃。

由表 4 可见，夏季高温灾害在四种天气类型下均频发，其中在同一棚外气温条件下，晴天更易发生高温灾害；棚外气温小于 35.2℃时，少云比阴天天气更易发生高温灾害，棚外气温大于 35.2℃时，阴天比少云天气更易受灾；多云受灾程度最轻。在晴天、少云、多云、阴天条件下，最大受灾频率均发生在 38℃，分别为 97%、42%、33%、55%。

3.3. 秋季大棚白对虾高、低温灾害分布

为明确秋季大棚白对虾高、低温灾害受棚外气温影响，分析秋季不同天气类型条件下高低温灾害分布可知：秋季无高温灾害发生，低温灾害在夏季四种天气类型下均频发。

秋季大棚白对虾高、低温灾害指标

为了进一步量化进行秋季大棚白对虾高、低温灾害监测,分析秋季不同天气类型条件下,高、低温灾害发生频率随棚外气温变化可知每10%灾害发生频率时对应棚外气温,结果见表5:

Table 5. The temperature index outside the low-temperature disaster shed in the autumn greenhouse of white prawn

表 5. 秋季大棚白对虾低温灾害棚外气温指标

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
晴天	21.4	20.0	19.2	18.5	17.8	17.0	13.3	11.6	10.7	10.0
少云	20.0	17.4	16.5	15.8	15.3	14.7	14.1	13.4	12.3	10.0
多云	20.3	19.6	18.9	18.2	17.0	14.7	13.8	12.9	12.0	10.0
阴天	19.6	18.6	17.8	17.2	16.6	16.0	15.4	14.7	13.9	12.0

注:气温单位:℃。

由表5可见,秋季低温灾害在四种天气类型下均频发,晴天、少云、多云天气均在10.0℃时,灾害发生频率达100%,阴天天气,在12.0℃时,灾害频率可达100%。

4. 大棚白对虾高、低温灾害预警

白对虾大棚内高、低温灾害发生与棚外气温关系密切,依据棚外气温可以大致判断棚内气温,若利用棚外气温预测棚内水下温度,如图4(a)所示。由图4(a)可知,大部分数据都集中在1:1线之上,误差显著。故棚外气温对棚内水下气温的预测效果并不好(图4(a))。由于大棚具有调控温度的能力,使得棚内外气温差异很大。现今气象部分通常只发布环境温度,即棚外气温,若依靠棚外气温对大棚白对虾内高、低温灾害做预警,会产生很大偏差,无法及时作出调整措施,致使养殖户遭受巨大经济损失,故建立大棚内气温预测模型十分重要。

4.1. 大棚白对虾灾害模型模拟结果

为确保建立模型预测效果的准确性,随机选取样本数据的70%作为训练样本,剩余30%作为检验样本。

4.1.1. BP神经网络模型模拟结果

将训练样本输入BP神经网络模型,完成模型训练和网络检验后,得到网络权值和阈值,再将检验样本输入模型做测试检验,并将测试集的预测气温与实际气温进行拟合分析,检测模型预测效果。利用以上方法,选取棚外气象因素对棚内气温进行模拟,结果见图4(b)。由图4(b)可见,数据基本集中在1:1线附近,决定系数较直接利用棚外气温预测显著提高(图4(b))。均方根误差为3.22℃,平均绝对误差为2.37℃。可以看出,大棚内水下温度预测值与是测试拟合精度较高,模型模拟效果较好。

4.1.2. 逐步回归模型模拟结果

以初选因子作为自变量,运用数理统计分析方法,对大棚内水下温度建立多元回归预报模型。棚内气温预报模型方程为:

$$Y = 0.33X_1 + 0.81X_2 + 0.22 \quad (R^2 = 0.64, RMSE = 2.98^\circ\text{C})$$

式中 X_1 为棚外空气温度、 X_2 为棚外最高气温。利用模型对棚内水下温度进行回代,结果如图5所示。由图5可知,在1:1线附近数据均匀分布,趋势线与1:1线基本吻合(图5)。决定系数为0.64,均方根误差为2.98℃,平均绝对误差为2.01℃。预测值与实际值的拟合效果较好。

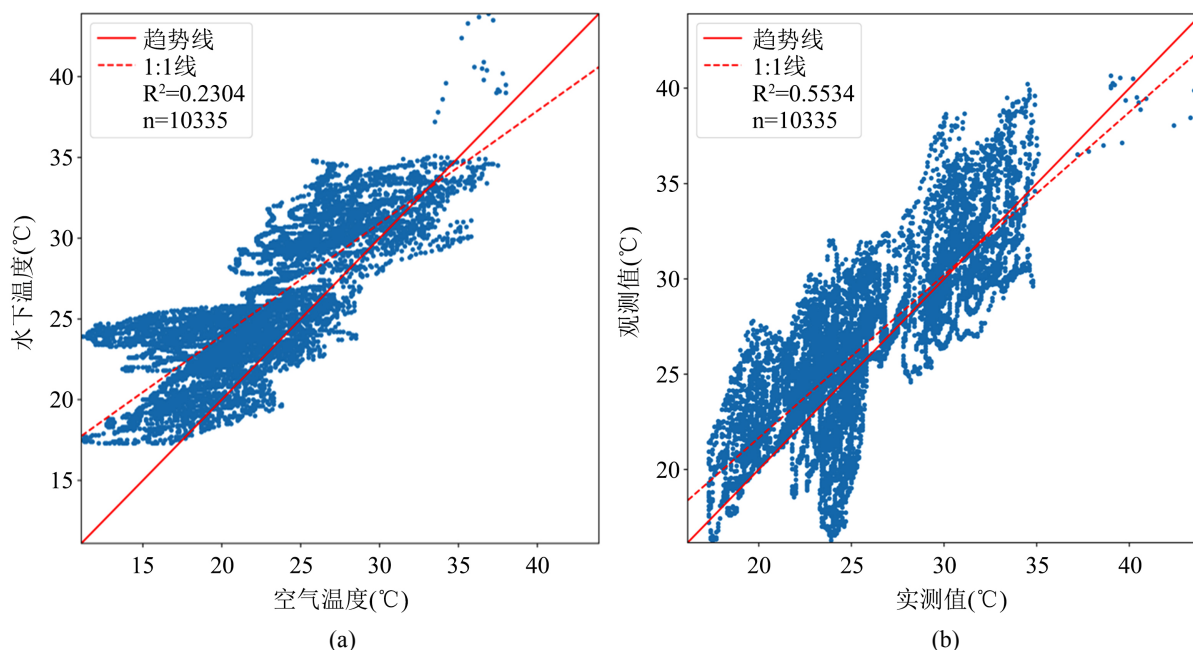


Figure 4. (a) Comparison of underwater temperature in greenhouse and external temperature model; (b) Comparison of the underwater temperature in the greenhouse and the value predicted by the BP neural network model

图 4. (a) 大棚内水下温度与棚外气温模型预测值对比; (b) 大棚内水下温度与 BP 神经网络模型预测值对比

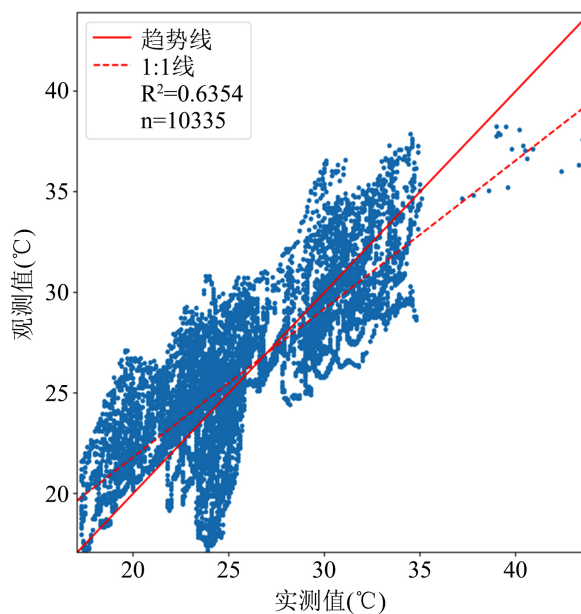


Figure 5. Comparison of underwater temperature and gradual regression model

图 5. 大棚内水下温度与逐步回归模型预测值对比

4.1.3. 模型模拟效果检验

为明确模型模拟对大棚内气温在高、低温天气下的预测效果, 研究选用 2020 年 8 月 25 日的高温事件和 2019 年 12 月 31 日的强寒潮事件作为检验对象, 对 BP 神经网络模拟和逐步回归模型分别进行检验。检验结果如图 6 所示(图 6(a)~(d))。

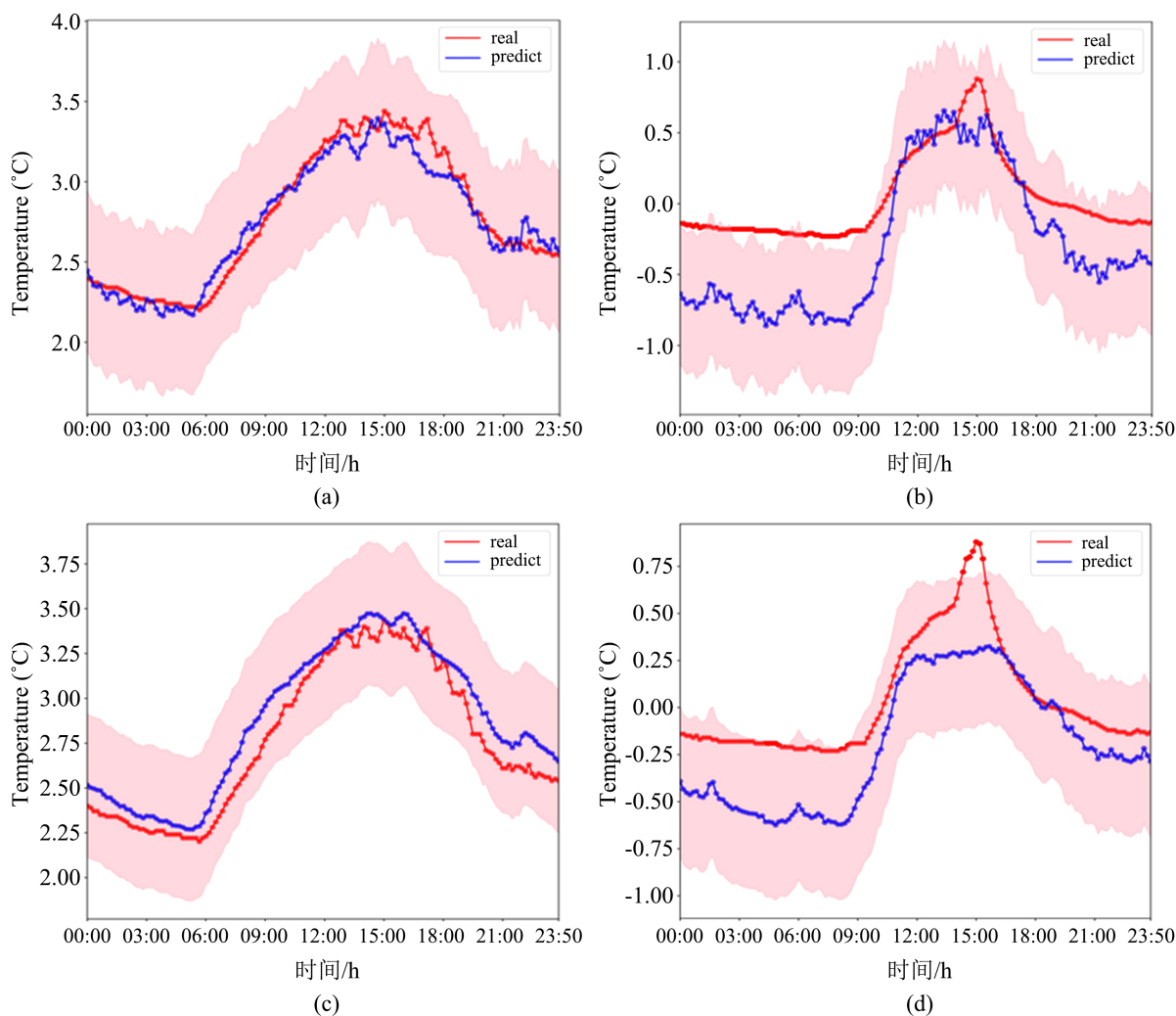


Figure 6. (a) Simulation effect test of BP neural network high-temperature detection; (b) Simulation effect test of BP neural network low-temperature detection; (c) Gradually return to the high-temperature detection simulation effect test; (d) Gradually return to the low-temperature detection simulation effect test

图 6. (a) BP 神经网络高温检测模拟效果检验; (b) BP 神经网络低温检测模拟效果检验; (c) 逐步回归高温检测模拟效果检验; (d) 逐步回归低温检测模拟效果检验

由图 6(a)~(d)可知, 在误差范围 0.5°C 范围内, BP 神经网络模型和逐步回归模型对高温天气的模拟效果均更好, 误差范围可控制在 0.2°C 以内。对低温天气, 两种模型的模拟效果均较差, 逐步回归模型对低温天气模拟值均偏低。

Table 6. POD of underwater temperature prediction model in greenhouse

表 6. 大棚内水下温度预测模型命中率 POD

	W = 0.1°C	W = 0.2°C	W = 0.3°C	W = 0.4°C	W = 0.5°C	W = 1.0°C	W = 1.5°C	W = 2.0°C
区域站	0.135	0.191	0.296	0.455	0.523	0.705	0.966	1.000
BP 神经网络	0.256	0.292	0.415	0.534	0.656	0.868	0.986	1.000
逐步回归	0.191	0.302	0.409	0.516	0.644	0.856	0.965	1.000

由表 6 可知, 两种预测模型模拟效果较直接使用棚外气温预测棚内水下温度, 命中率均显著提高(表 6)。对比 BP 神经网络模型与逐步回归模型可以看出, 在误差范围 0.1℃以内时, BP 神经网络模型的模拟效果更优; 当误差在 0.2℃~0.3℃时, 逐步回归模型的模拟效果更好; 当误差允许范围在 0.4℃~0.5℃时, BP 神经网络模型恢复更优; 在误差范围达到 1.5℃时, 模型预测失去优越性, 与直接使用棚外气温预测棚内水下温度命中率相当, 且三种方法均在可将误差控制在 2.0℃以内。

5. 应用前景及问题

项目成果可应用于常态下应急预案的制定和规划, 为杭州市萧山区大棚白对虾养殖基地提前制定应急预案。一旦气温过高或过低, 可通过监测点数据及时做出预警, 并依照方案对白对虾养殖进行有效的人工减灾方案。

目前, 该项目指标还需要更多的观测资料 and 实际灾情, 以便白对虾高温及低温灾害指标能更精准, 以便指导生产实际。后续计划在专家的评估和指导下继续改进, 提高大棚白对虾高、低温灾害预警精度。改进其在各单位各环境上自动化部署的效率, 增强其处理气象大数据和流数据的能力。

6. 结论

结合本文研究可知春秋两季无高温灾害发生, 低温灾害在四种天气类型下均有发生。夏季无低温灾害发生, 高温灾害在夏季四种天气类型下均频发。而采用 BP 神经网络和逐步回归模型对大棚内水下温度的预测结果都比较准确, 但需要根据误差允许范围选择更合适的模型对水下温度进行预测, 通过对大棚白对虾高、低温灾害监测和预警可以更加有效的保证大棚白对虾的存活率, 提高经济价值。但这种预测目前尚且存在观测资料 and 实际灾情资料不足等问题, 需要更多的数值支持以提高其预测精度。

参考文献

- [1] 李美荣, 刘映宁, 赵军, 李艳莉, 李鹏利. 陕西省关中地区大棚蔬菜低温冻害预报服务方法[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 204-207, 231.
- [2] 杨文刚, 胡幼林, 刘敏, 黄永学, 王涵. 大棚冬茼蒿低温冻害指标及预测[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(11): 2833-2835.
- [3] 刘可群, 杨文刚, 刘志雄, 刘敏. 冬季大棚蔬菜低温冰雪灾害评估与预警研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(22): 4617-4621.
- [4] 许永妙, 李慧娟, 黄海涛, 王贤波, 周铁锋, 张伟. 杭州茶园春季霜冻害的影响因素分析与对策研究[J]. 中国茶叶, 2014, 36(7): 24-25.
- [5] 侯伟, 杨福孙, 李尚真, 周兆得, 陈汇林, 吴翠玲. 低温寡照对海南棚栽西瓜生长的影响及其灾害等级指标[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 161-166.
- [6] 张德林, 李军, 蒋其根, 张青, 等. 大棚草莓农业气象灾害预警指标研究[J]. 上海农业学报, 2015, 31(5): 56-60.
- [7] 贺红梅, 高蓉, 包振贤. 白银市大棚蔬菜低温冻害预报指标研究[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(6): 58-61.
- [8] 刘可群, 黎明峰, 杨文刚. 大棚小气候特征及其与大气候的关系[J]. 气象, 2008, 34(7): 101-107.
- [9] 符国槐, 张波, 杨再强, 费玉娟, 黄海静, 孙军波. 塑料大棚小气候特征及预报模型的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(13): 242-248.
- [10] 金志凤, 符国槐, 黄海静, 潘永地, 杨再强, 李仁忠. 基于 BP 神经网络的杨梅大棚内气温预测模型研究[J]. 中国农业气象, 2011, 32(3): 362-367.