

基于微信平台的温室环境监测与温度预测系统

任延昭¹ 陈雪瑞¹ 贾敬敦² 高万林¹ 朱佳佳¹

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 中国农村技术开发中心, 北京 100045)

摘要: 温室数据采集系统多采用数据采集端通过上位机管理数据或上传至数据服务器的方式进行温室环境监测和管理, 该方式网络结构相对复杂, 功耗较大。为解决上述问题, 本文采用物联网、云服务、微信平台相结合的方式, 设计开发了基于微信平台的温室环境监测与温度预测系统。系统采用数据采集端直接通过 WiFi/GPRS 联接互联网访问云服务器的方式进行数据交互, 手机移动端通过微信公众号访问云服务器获取数据服务。温度预测模型采用差分时间序列模型, 解决温度预测过程中季节周期性的影响。通过对系统数据分析证明: 系统有效实现了数据采集端的轻量化与可移动性, 不仅能够对数据进行有效管理, 且温度监测相对误差低于 4.96%, 温度预测相对误差低于 3%, 预测结果具有较高的精度, 能够满足日常生产的需要。

关键词: 微信平台; 温室环境; 温度预测

中图分类号: TP311; S625.5⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2017)S0-0302-06

Environment Monitoring and Temperature Prediction in Greenhouse Based on Wechat Platform

REN Yanzhao¹ CHEN Xuerui¹ JIA Jingdun² GAO Wanlin¹ ZHU Jiajia¹

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. China Rural Technology Development Center, Beijing 100045, China)

Abstract: The current greenhouse data acquisition system is implemented in the way that data acquisition terminal uploads data to the host computer to manage the data or transfer them to cloud server. The network structure is relatively complex and the power consumption is large. In order to solve the above problems, a greenhouse environment monitoring and temperature prediction system was developed by using the Internet of Things, cloud services and WeChat platform. In this system, the data collection terminal directly connected the Internet to the cloud server through WiFi/GPRS to interact with the data, and the mobile terminal accessed the cloud server to obtain the data service through the WeChat public number. The temperature forecasting model adopted the differential time series model to solve the influence of seasonal periodicity in the temperature prediction process. The data analysis showed that the system effectively realized the lightweight and mobility of the data acquisition terminal. The relative error of temperature monitoring was less than 4.96%, and the relative error of temperature prediction was less than 3%. The prediction result has high precision and can meet the needs of daily production.

Key words: WeChat platform; greenhouse environment; temperature prediction

引言

随着智慧农业、精准农业的不断发展,以温室为代表的设施农业在我国农业领域中占据了重要地位。如何摆脱传统温室的人工化、单一化,实现温室

的智能化和现代化是当前温室研究需要解决的关键问题。

作为一个复杂的耦合系统,温室在我国已经具有很长的使用历史。国内外学者也对温室这一复杂体进行了大量的研究。这些研究主要集中在物联

网^[1-4]、温室的智能控制^[5-7]、温室环境监测^[8-9]这几方面。由于不同温室的结构参数、规模、作物各不相同,基于物联网的温室环境测控系统在实际应用过程中,需要根据现场实际的环境感知传感器、控制执行器的数量和类型,以及信息传输方式来定制应用软件,造成了大量的人力物力浪费,温室数据资源无法共享利用,提升了系统的生产成本,限制了物联网系统的应用^[10]。

云服务和微信公众平台作为大数据时代的产物,以其成本低、运用简单而被广泛使用^[11-15]。物联网、云服务与微信平台的结合会使物与物、物与人之间的通信变得更加简单。

本文针对农业温室这一典型的设施农业,将物联网、云服务与微信平台相结合,提出了温室环境监测的方案,并且采用时间序列的方法对温室的温度进行预测,进而设计并实现基于移动端的温室环境监测与温度预测系统,为农业温室的管理提供一个简便易操作的工具,同时也为温室管理者使用移动端便捷管理和监控温室提供了可能。

1 系统设计

1.1 设计目标

温室环境监测与温度预测系统旨在通过物联网硬件设备对温室环境数据进行收集,在对温室环境参数进行监测的基础上实现对温室环境的实时调控,并且通过对关键环境因子进行预测分析来为管理者提供温室异常预警。

1.2 系统架构

根据本系统的设计目标,系统的整体结构可以分为3层:温室设备层、网络传输层和网络应用层,系统结构如图1所示。

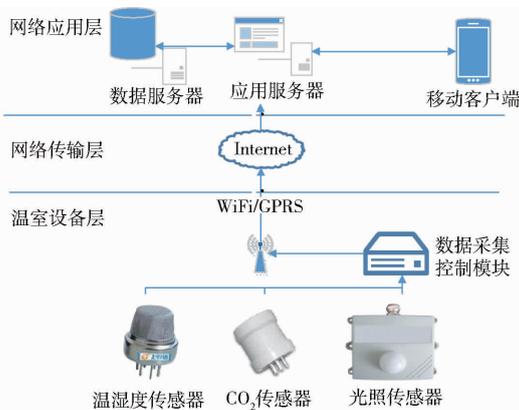


图1 系统结构

Fig. 1 Structure of the system

(1)温室设备层是系统的数据获取层,即物联网感知层,该层主要通过数据采集终端来获取实时环境参数数据。数据采集终端集成了多传感器、控

制模块以及数据通讯模块,采集空气温湿度、光照强度、CO₂浓度等温室的重要环境参数数据。

(2)网络通讯层也叫网络层,是数据传输的纽带,同时也存储了数据和数据处理逻辑以及模型。其主要职责是将设备层获取的数据按照逻辑进行处理后传输到表现层。

(3)网络应用层也称为表现层,主要承担了数据的可视化展示功能,同时也是系统与用户交互的唯一通道。

1.3 系统功能结构设计

根据温室管理需求,系统主要包括硬件设备管理、温室环境监测数据管理、温室温度预测分析3个功能,系统的详细功能设计如图2所示。

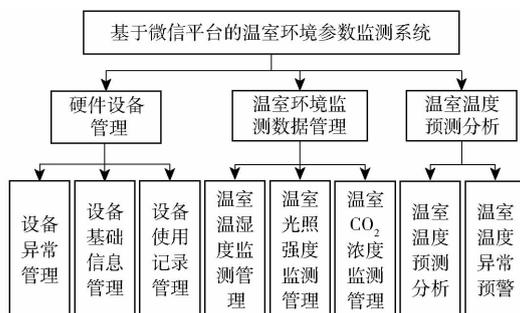


图2 系统功能模块图

Fig. 2 Function module structure of the system

1.4 数据库设计

系统中的数据主要分为4类:系统管理数据、仪器设备基础数据、环境监测数据、温室温度预测分析数据。

其中,系统管理数据主要包括用户信息、注册信息、登录信息等,其主要目的是为了维护系统使用秩序与安全。

仪器设备基础数据主要包括设备名称、设备品牌、设备二维码、设备的物理位置等信息。环境监测数据主要包括数据采集点编号、数据记录时间、环境因子类型等,这部分数据是系统中最核心的数据支撑,任何用户都无法进行删除、修改等操作。温室温度预测分析数据主要记录随着时间变化在未来时间段温室可能的温度信息。

1.5 数据采集终端设计

温室环境的主要影响因子有温度、湿度、CO₂浓度和光照强度。为了便于温室管理者使用,设计了轻量型的一体式数据采集终端,其模块设计如图3所示。该数据采集终端充分利用温室内空气流动性相对较好,所测因子在温室内部相对稳定且分布均匀的特点,采用单点监测的方式。相对于分布式传感器组网追求全面覆盖的数据采集方式,该方式降低了数据采集端的功耗和硬件规模。数据规模的减

小使得无线通信负载降低,取代了PC上位机的成本,提高了数据采集端的使用范围;硬件规模的减小使得功耗降低,便携性提高,结合储能与光能设备使用,实现了即时开机、采集、上传数据的功能。

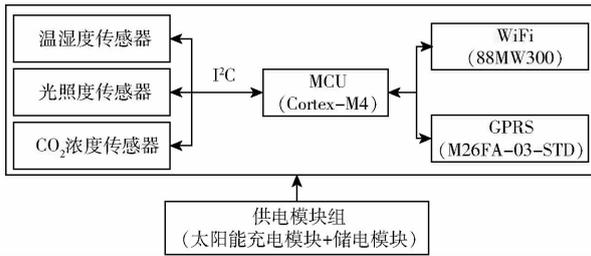


图3 数据终端硬件模块设计

Fig.3 Design of hardware module for data collection terminal

无线传输技术是该移动终端实现数据传输的保障,无线传输技术主要包括:BlueTooth、WiFi、GPRS、ZigBee等。从硬件设备的集成性、便携性和实用性方面来看,BlueTooth通信距离过短不适合远距离通信的需求;ZigBee技术在多传感器节点组网中应用广泛,不太适用于单一节点的通信应用。考虑到本移动终端对通信数据量的依赖程度较低,对可靠性和通信范围要求较高,本文选用GPRS和WiFi作为数据采集终端的通讯技术。

1.6 温度预测模型的构建

温室是一个复杂的强耦合系统,室内温度等环境参数的变化受到多种温室内外变量的影响,目前主要是通过热学和温度场分析等对室内温度进行预测或模拟研究。这些研究为室内温度的精确预测提供了很好参考作用,但这些模型需要考虑负载环境变量因子的影响,因而存在一定程度的弊端。室内温度是室外气象因子、室内其他环境因子、温室材料和结构以及温室设备等多方面因素综合影响下的结果,从数据挖掘的角度考虑,这些时间数据序列隐含了这些因素的综合作用规律,因此本文采用时序分析法通过对室内温度的历史数据序列进行分析来对温室温度进行预测。

时间序列的模型是通过挖掘时间序列数据间的相关关系而建立起来的,具有描述时间序列动态性和发展变化规律的能力。在时序分析理论中,普遍应用的理论模型主要有加法、乘法和混合模型,这类模型一般适用于确定性的时间序列。自回归滑动平均模型(Auto-regressive and moving average model, ARMA)适用于线性时间序列^[16-19],双线性模型^[20-21](Black-litterman, BL)和指数自回归模型(Exponential autoregressive model, EAR)适用于非线性时间序列^[22]。

根据温室时间序列的数据特点,基于时间序列的温室温度预测模型的构建流程如图4所示,步骤

如下:

(1)数据预处理,对历史数据进行规范化处理,检查是否存在异常数据和数据缺失的现象,如有,则采用线性插值方法处理异常和缺失的数据点。构建模型采用的历史数据为采集终端每隔30min记录的温度时间序列,时间序列标记为 $t_i (i=1,2,3\cdots)$, t_i 表示第 i 个温度值。

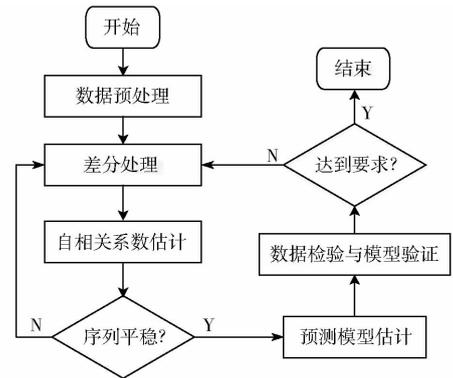


图4 温度预测模型构建流程图

Fig.4 Flow chart of temperature prediction model construction

(2)考虑到温室环境数据存在季节性周期和短时间内的24h周期,温度存在周期性波动,则可按时间周期进行差分,目的是将随机误差有长久影响的时间序列变成仅有暂时影响的时间序列^[23]。差分序列为

$$c_{t_i} = t_{i+e} - t_i \quad (1)$$

式中 t_{i+e} ——年度记录差

(3)数据的自相关检验,对差分后的数据进行自相关和偏相关系数检验,分析该时间序列是否为平稳序列。若为平稳序列则进行模型的选择,否则,将继续进行一阶差分处理,一阶差分序列可表示为

$$L_i = c_{t_i} - c_{t_{i-1}} \quad (2)$$

(4)对获得的平稳时间序列数据进行模型估计。

(5)温室温度预测模型的构建。时间序列 L_i 的预测模型为ARMA(p, q),表达式为

$$L_i = \mu_i + \varphi_1 x_{t-1} + \varphi_p x_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \cdots - \theta_q \varepsilon_{t-q} = \sum_{j=1}^p \phi_j x_{t-j} - \sum_{k=1}^q \theta_k \varepsilon_{t-k} + \mu_i \quad (3)$$

式中 p ——自回归阶数

q ——滑动平均阶数

ε_{t-k} ——噪声序列

x_{t-p} ——时间序列的采样值

φ_p ——自回归参数

ϕ_j ——自回归系数, $j=1,2,\cdots,p$

θ_k ——滑动平均系数, $k=1,2,\cdots,q$

μ_i ——残差项序列

2 系统开发与应用

2.1 系统开发

根据温室环境监测与温度预测系统的设计目标,为避免硬件浪费和节省维护成本,采用新浪云服务器作为系统的服务器。同时,选择 SQL server2005 数据库、My Eclipse 作为集成开发环境,同时使用 Tomcat 作为线下开发使用的服务器。微信平台与云服务器之间的数据均以 XML 的格式封装,并通过 POST 的方式进行传输,主要应用界面如图 5 所示。



图 5 系统界面

Fig. 5 Interface of the system

2.2 系统应用

2.2.1 实验条件

系统布置在三分地有机农场的连栋温室内,三分地有机农场位于北京市亦庄经济开发区,属于典型的温带季风气候。系统运行时间为 2016 年 1—8 月。

2.2.2 参数获取

系统将数据采集终端获得的原始数据按照规定的格式进行存储,并且提供了 2 种数据呈现方式,一种是以数据列表的形式呈现;同时,为了使用户直观获得数据的走势,系统还提供了数据的图表呈现方式。图 6 所示为 2016 年 7 月 1—7 日(时间点随机选取)的温度曲线,可以明显看出温室的温度是以 24 h 为周期呈现周期性的波动,波动范围在 17 ~ 48℃ 之间;7 d 的最低温度基本一致,但是第 4 天的最高温度出现了异常,远低于其他 6 d 的最高温度。

对于该数据采集端的测量精度以温度为例,对于 2016 年 6 月 15 日(时间点随机选取),在上述实验地点,从云服务器数据库直接获取温度参数与实际温度对比如图 7 所示。实际温度采用对 5 个物理温度计测量值取算数平均值获得。根据统计,在 24 h 的采样时间段内,上传数据错误率为 0.4%。筛除异常数据后,测量温度与实际温度的最大相对

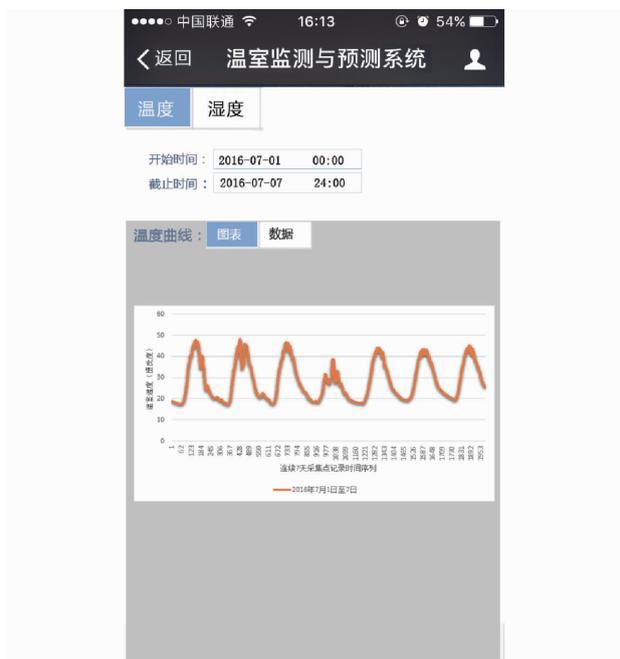


图 6 温度曲线图

Fig. 6 Curves of the temperature

误差为 4.95%,最低为 0.64%。在整个系统运行期间,上传数据错误率为 0.7%,筛除异常数据后,测量温度与实际温度的最大相对误差为 4.96%。

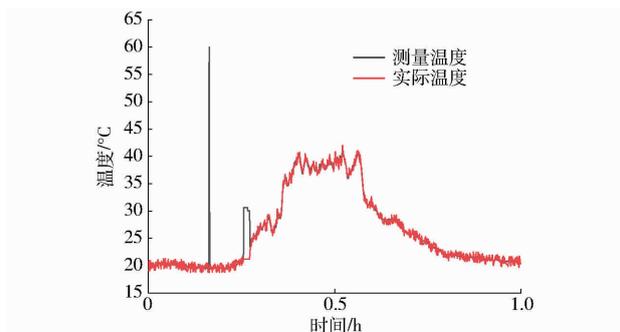


图 7 测量温度与实际温度对比图

Fig. 7 Comparison of measured temperature and actual temperature

2.2.3 温室温度预测

温室温度的预测是本系统的核心功能之一。该功能以系统内存储的环境因子数据为基础,为确保预测结果的准确性,预测模型采用实时更新的监测数据。用户通过微信平台发送请求,微信服务器将请求消息和其他的字段放在一起组成 XML 数据包,并将数据包封装到 POST 中,最后提交到云服务器。服务器调用温度预测模型对温度进行预测并将结果反馈给微信用户。系统针对温度预测提供了温度预测和历史预测的结果分析。温度预测功能能够依据最新的监测数据对温室温度进行预测,而历史预测结果分析则是通过记录预测历史数据来对模型进行验证和进一步调整完善。如图 8 所示为 2016 年 4 月 10 日(时间点随机选取)的温度预测结果与实

际温度的对比曲线,根据数据显示预测结果与实际温度之间最大误差为 0.40°C ,最大相对误差为 2.50% ,就精度来看可以满足预测需要。

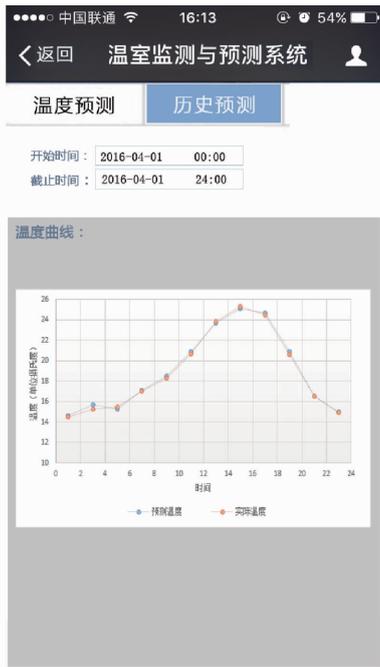


图8 历史温度预测值与实际数据对比图

Fig.8 Comparison of predicted value and actual value

在运行周期内该数据采集终端对温室温度与测量值的对比采用2016年5月份(时间点随机选取)云服务器存储数据进行对比,最大绝对误差为 1.35°C ,最大相对误差为 3% ,平均相对误差为 1.5% 。由此可以看出,24 h周期数据基本上反映了该系统对温度预测的精度。

2.3 讨论

通过对2016年1—8月温室环境监测与温度预测系统的实验无意外停机和客户端访问异常发生,系统正常维护时间占系统运行时间的 1.67% ,数据采集端储能与光伏模块工作正常。

系统测量精度出现偶发性异常,通过对系统运行期间的异常数据进行分析未发现异常的规律性,但是,相对误差的峰值多出现在温度峰值区域附近。虽然测量温度最大相对误差为 4.96% ,满足温室生产使用需求,但是系统对温度的测量精度低于所采用传感器的测量精度,产生原因可能是移动数据采集端物理结构不合理影响相对稳定的温室内空气流场所致。上传数据错误率随着系统的运行,略有增加,显示系统硬件的运行稳定性随着运行时间的增长而下降。

由于温室温度预测的精度标准并没有标准可参考,因此,参考以往关于温室温度预测技术研究领域的相关成果,本系统 3% 的相对预测误差与目前温度预测模型的水平一致,但平均相对误差略低^[24]。这表明该系统在消除系统误差方面仍需要进一步优化算法。

本研究虽然监测了温湿度、光照强度和 CO_2 浓度多个环境影响因子,但是只针对温度监测数据进行了预测研究,对于其他数据并未作进一步的深入探讨。

3 结论

(1)系统以终端设备为数据采集器,以云服务器为处理中枢,最后采用微信平台为用户提供服务,实现了以物联网-云技术-微信平台的有机结合,实现了温室环境监测轻量化的技术方案。

(2)基于微信平台和网络云服务器来实现数据与设备的存储与管理,运用时序分析模型对温度进行预测,并达到了使用精度要求。验证了由云服务器拖动移动数据采集端和移动数据服务端的低成本环境因素解决方案,为温室管理者提供了一个简单方便的管理工具。

参 考 文 献

- HUANG Y, HUANG J, CHENG B, et al. Time-aware service ranking prediction in the internet of things environment [J]. Sensors, 2017, 17(5): 1-20.
- VERDOUW C N, BEULENS A J M, VAN D V, et al. Virtualization of floricultural supply chains: a review from an Internet of Things perspective [J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2013, 99(6): 160-175.
- AZAZA M, TANOUGAST C, FABRIZIO E, et al. Smart greenhouse fuzzy logic based control system enhanced with wireless data monitoring [J]. ISA Transactions, 2016, 61: 297-307.
- GUBBI J, BUYYA R, MARUSIC S, et al. Internet of things (IOT): a vision, architectural elements, and future directions [J]. Future Generation Computer System, 2013, 29(7): 1645-1660.
- 秦琳琳, 陆林箭, 石春, 等. 基于物联网的温室智能监控系统设计 [J/OL]. 农业机械学报, 2015, 46(3): 261-267. http://www.j-csam.org/jesam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20150338&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.03.038.
- QIN Linlin, LU Linjian, SHI Chun, et al. Implementation of IOT-based greenhouse intelligent monitoring system [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(3): 261-267. (in Chinese)
- 廖建尚. 基于物联网的温室大棚环境监控系统设计方法 [J]. 农业工程学报, 2016, 32(11): 233-242.
- LIAO Jianshang. Design of agricultural greenhouse environment monitoring system based on internet of things [J]. Transactions of CSAE, 2016, 32(11): 233-242. (in Chinese)

- 7 李萍萍,王纪章. 温室环境信息智能化管理研究进展[J/OL]. 农业机械学报,2014,45(4):236-243. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20140438&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.04.038.
LI Pingping, WANG Jizhang. Research progress of intelligent management for greenhouse environment information [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014,45(4):236-243. (in Chinese)
- 8 JAYASHRI G H, JAKHETE M D. Survey on android based live monitoring system of green house parameter[J]. International Journal of Science and Research(IJSR),2015,4(12):1353-1355.
- 9 FRANCISCO G, JULIO G, ALEJANDRO C, et al. A monitoring system for intensive agriculture based on mesh networks and the android system[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2013,99(7):14-20.
- 10 陈美镇. 基于物联网的温室环境测控通用系统开发[D]. 镇江:江苏大学,2015.
CHEN Meizhen. Development of general system for greenhouse environment acquisition and control based on internet of things [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2015. (in Chinese)
- 11 张驰,张晓东,王登位,等. 基于组件库的生鲜农产品冷链物流云服务系统设计与实现[J]. 农业工程学报,2016,32(12):273-279.
ZHANG Chi, ZHANG Xiaodong, WANG Dengwei, et al. Design and implementation of cloud service system for cold chain logistics of fresh agricultural products based on component integration[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2016,32(12):273-279. (in Chinese)
- 12 陈威,郭书普. 中国农业信息化技术发展现状及存在的问题[J]. 农业工程学报,2013,29(22):196-204.
CHEN Wei, GUO Shupu. Current situation and existing problems of agricultural informatization in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2013,29(22):196-204. (in Chinese)
- 13 赵青松,陈林,孙波,等. 基于Hadoop的云环境下作物生长模型算法的实现与测试[J]. 农业工程学报,2013,29(8):179-186.
ZHAO Qingsong, CHEN Lin, SUN Bo, et al. Algorithm implementation and tested of crop growth model based on hadoop of cloud computing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2013,29(8):179-186. (in Chinese)
- 14 李丽娜. 基于微信公众平台的高校图书馆信息服务研究与应用[J]. 农业图书情报学刊,2017,29(3):182-185.
LI Lina. Study and application on college library's information service based on wechat public platform[J]. Journal of Library and Information Sciences in Agriculture, 2017, 29(3):182-185. (in Chinese)
- 15 刘钊,谢美慧. 微信公众平台及移动位置服务的旅游应用模式[J]. 测绘科学,2017,42(1):193-196.
LIU Zhao, XIE Meihui. Tourism application model based on WeChat public platform and LBS[J]. Science of Surveying and Mapping,2017,42(1):193-196. (in Chinese)
- 16 龙俊波,王海滨. 基于SaS过程的分数低阶时频自回归滑动平均模型参数估计及时频分布[J]. 电子与信息学报,2016,38(7):1710-1716.
LONG Junbo, WANG Haibin. Parameter estimation and time-frequency distribution of fractional lower order time-frequency autoregressive moving average model algorithm based on SaS Process[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2016, 38(7):1710-1716. (in Chinese)
- 17 周强,彭辉. 基于自回归滑动平均的网络数据流量预测模型[J]. 计算机科学,2014,41(4):75-79.
ZHOU Qiang, PENG Hui. Research on network traffic prediction scheme based on autoregressive moving average[J]. Computer Science,2014,41(4):75-79. (in Chinese)
- 18 左志宇,毛罕平,张晓东,等. 基于时序分析法的温室温度预测模型[J]. 农业机械学报,2010,41(11):173-177.
ZUO Zhiyu, MAO Hanping, ZHANG Xiaodong, et al. Forecast model of greenhouse temperature based on time series method[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(11):173-177. (in Chinese)
- 19 张俊,哈迪,李介谷. 图像的二维自回归滑动平均模型[J]. 上海交通大学学报,1999,33(9):1157-1160.
ZHANG Jun, HA Di, LI Jiegu. 2-D mixed autoregressive moving average model of image[J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University,1999,33(9):1157-1160. (in Chinese)
- 20 孟勇. Markowitz模型与Black-Litterman模型比较研究——投资人情绪对资产组合的影响[J]. 统计信息论坛,2013,28(8):31-37.
MENG Yong. Comparison study of Markowitz model and Black-Litterman model: investor sentiment on portfolio[J]. Statistics Information Forum,2013,28(8):31-37. (in Chinese)
- 21 朱业春,曹崇延. 基于熵补偿的Black-Litterman模型的投资组合[J]. 中国科学技术大学学报,2015,45(12):1030-1035.
ZHU Yechun, CAO Chongyan. Portfolio based on Black-Litterman model with entropy compensation [J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2015,45(12):1030-1035. (in Chinese)
- 22 史秀红. 指数自回归条件异方差模型的检验[J]. 数量经济技术经济研究,2008(6):146-153.
SHI Xiuhong. Testing on EGARCH Models[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2008(6):146-153. (in Chinese)
- 23 沈艳. 基于RBF神经网络的时间序列预测技术的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2012.
SHEN Yan. Research on time series prediction technology based on RBF neural network [D]. Hefei: Anhui Agriculture University, 2012. (in Chinese)
- 24 左志宇,毛罕平,张晓东,等. 基于时序分析法的温室温度预测模型[J]. 农业机械学报,2010,41(11):173-177.
ZUO Zhiyu, MAO Hanping, ZHANG Xiaodong, et al. Forecast model of greenhouse temperature based on time series method[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(11):173-177. (in Chinese)