

# 茶园可视化农业气象信息动态监测 预警系统研制及试验

吴彬<sup>1,2</sup>, 杨咏钢<sup>1</sup>, 李艳芳<sup>1</sup>, 金志凤<sup>3</sup>

(1. 湖州市气象局, 浙江 湖州 313000; 2. 南京信息工程大学 大气物理学院, 南京 210044;  
3. 浙江省气候中心, 杭州 310017)

**摘要:**为降低农业气象灾害对茶叶生产带来的不利影响,提高茶叶生产气象服务及灾害预警的业务能力和效率,利用微电子测量技术、3G无线通信与控制技术、气象和农情信息可视化技术等,并通过远程服务器端监控和管理软件的搭建,自主设计和研制了一套茶园可视化农业气象信息动态监测预警系统;该系统实现茶园图像信息、温湿度、降水数据的一体化采集和综合显示的功能;通过2014~2016年近三年的外场试验,结果表明:系统运行稳定,能及时采集和上传气象要素和图像信息,数据传输从不丢帧;解决了常规茶园自动气象站无法采集图像和微弱降水的短板和难题;外场试验中计算的平均传输速率为41.2 KB·s<sup>-1</sup>,能满足实际业务需求;借助该系统即可实时知悉茶叶长势、茶园气象信息和气象灾害等。该系统的部署及试验,为开展茶叶气象服务提供理论和技术支撑。

**关键词:**茶园;可视化;气象灾害;一体化采集;动态监测预警;气象服务

## Development and Experiment of the Visual Agriculture Meteorological Information Dynamic Monitoring and Warning System in Tea Garden

Wu Bin<sup>1,2</sup>, Yang Yonggang<sup>1</sup>, Li Yanfang<sup>1</sup>, Jin Zhifeng<sup>3</sup>

(1. Huzhou Meteorological Bureau, Huzhou 313000, China; 2. College of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 3. Zhejiang Climate Center, Hangzhou 310017, China)

**Abstract:** In order to reduce the adverse effects of Agriculture meteorological disasters on tea production, and improve operational capacity and efficiency of tea meteorological service and disaster warning, a visual tea meteorological Information dynamic monitoring and warning system was independently developed. Electronic measurement technology, 3G wireless communication, control technology, meteorological and agricultural information visualization technology, together with the monitoring and management software builded on the remote server were used in this system, which realized the functions of integrated collecting and displaying the image, temperature, humidity and precipitation data of tea garden. Through three years' field experiments from 2014 to 2016, the results show that the system works stable. This system can collect and upload meteorological elements and image information timely, frames were never dropped. It solved the short board and difficult problem of conventional tea garden automatic weather station unable to collect images and weak precipitation. The average transmission rate calculated in the field experiments was 41.2 KB·s<sup>-1</sup>, which meets the actual operational requirements. With the help of the system, people can know the real-time growth, meteorological information and disasters of the tea garden. The deployment and experiment of this system provide theoretical and technical support for tea meteorological service.

**Keywords:** tea garden; visualization; meteorological disasters; integrated collection; dynamic monitoring and warning; meteorological service

## 0 引言

茶叶是我国南方主要的经济作物之一,其有着种植面积广、产量大等特点。随着全球气候变暖,极端天气气候

事件日益增多,气象灾害导致茶叶产量骤减、品质降低等,对茶叶生产造成的损失往往十分巨大<sup>[1]</sup>,可以说茶叶生产与气象的关系越来越密切<sup>[2-4]</sup>。所以对茶园环境实时可视化的监测并预测气象灾害发生及预警,能够很大程度上减少茶农的经济损失,提高茶叶产量和品质。

国内针对茶园气象信息的监测预警方法和案例研究较多,何敏<sup>[5]</sup>针对倒春寒引起的茶叶冻害,利用 ZigBee 模块和温湿度传感器,并结合 Mapinfo 和串口通信技术,开发了茶园环境实时监测与防冻预警系统;王敏<sup>[6]</sup>针对丘陵地区春季低温灾害频发、茶园气温分布差异大、监测预警技

收稿日期:2017-12-11; 修回日期:2018-01-08。

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(HY201306075);湖州市科技计划项目(2013GY06)。

作者简介:吴彬(1986-),男,江苏海安人,博士研究生,工程师,主要从事大气遥感与大气探测、应用气象、气象信息的微电子测量等方向的研究。

术落后等问题,开展了基于无线传感器网络的丘陵茶园春季低温灾害监测预警技术的应用研究,并设计了基于无线传感器网络的茶园低温灾害监测预警系统;杨志勇等<sup>[7]</sup>采用 ATmega128 和 CC2420 芯片设计了一套监测茶园空气温、湿度和土壤水分含量的无线传感器网络节点与网络系统。王卫星等<sup>[8]</sup>针对茶园中所存在的无线通信障碍问题,设计了一套适用于茶园信息采集的无线传感器网络节点,实现了对茶园的环境温度、空气湿度和土壤水分含量的采集。

虽然前人在茶园灾害监测预警方面做过不少研究,主要侧重于温度和湿度等气象要素的监测与预警,而关于可视化农业气象信息监测预警技术的研究则多数集中在小麦、玉米<sup>[9-10]</sup>、水稻、设施大棚<sup>[11]</sup>等方面,对于茶园可视化农业气象信息监测预警系统的研制和应用方面鲜有报道。本文针对茶园地理位置偏僻(多数地处山区、坡地)、存在有限通信障碍的特点,结合茶园气象灾害监测实际业务需求,利用 3G 无线通信、传感器检测和数字图像识别技术,设计并研制了一套茶园可视化农业气象信息监测预警系统,实现茶园图像信息和温湿度、降水数据的一体化采集与综合显示,以为农业和气象相关技术人员提供实时茶芽长势及气象灾害信息,为茶叶生产减灾,增效、增产与增收提供技术支撑和依据。

### 1 系统结构及原理

硬件系统由数据采集与传输终端、ARM 控制模块、气象要素采集模块、图像采集模块、3G 无线通信模块、电源模块和远程服务器 6 个部分组成。气象要素采集模块、图像采集模块、3G 无线通信模块、电源模块分别与 ARM 控制模块相连接,远程服务器与 ARM 控制模块通过 3G 无线通信模块和 3G 网络进行数据传输。系统结构原理如图 1 所示。

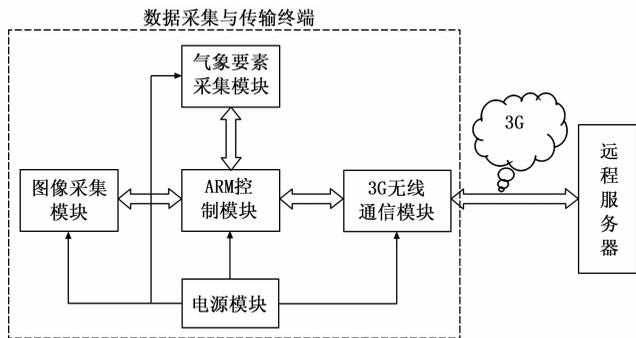


图 1 系统结构原理图

## 2 系统硬件设计

### 2.1 ARM 控制模块

处理芯片选用基于 ARM Cortex - M3 内核的 STM32F103。该芯片具有高性能、低功耗、低电压等特性,同时具有高集成度和易于开发的优势。该模块负责控制气象要素采集模块、图像采集模块和 3G 无线通信模块的运行,控制模块电路如图 2 所示。

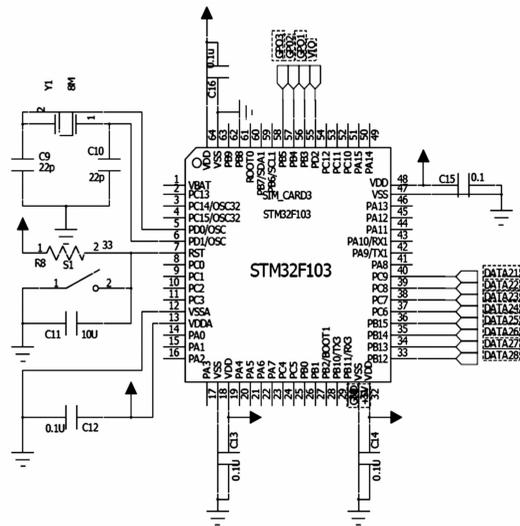


图 2 ARM 控制模块电路图

### 2.2 数据采集传感器

影响茶叶生产主要的气象要素包括:环境温度、湿度和降水等,结合本地茶园当前对采集气象要素的具体需求,该模块实现了图像、温湿度和降水量的一体化采集,此外还预留了多个接口,用于其它传感器的扩展。

考虑到茶园环境温湿度的变化范围,选择美国 Onset 公司的 HOBO S-THB-M002 高精度温湿度传感器,其相对温度和湿度测量精度分别为 0.2℃ 和 ±2.5%RH。降水检测方面选用感雨传感器(加热式平面栅状电容),用于微弱降水(小于 0.1 mm)起止时间、有无的定性判断和测量,并结合附近的自动气象站的雨量计数据,弥补了雨量计微弱降水无法测量的短板,实现茶园降水量的精细化、无缝隙采集与监测。

图像传感器采用 OmniVision Technologies 公司生产的 CMOS 图像传感器 OV2640,如图 3(a)所示,其最大支持 200 万像素,可输出 176 × 144 (QCIF)、320 × 240 (QVGA)、640 × 480 (VGA)、1600 × 1200 (UXGA) 等不同像素的图像。控制时序如图 3(b)所示。茶芽长势和气象灾害等信息的监测对系统所拍摄的图像像素要求较高,因此需使用原始数据格式(UXGA),但这样会造成图像文件过大,影响数据传输速率和更新图像的频率;其次处理器 STM32F103 处理能力有限,无法做复杂的图像压缩算法,故本文采用 OV2640 内部 DSP 压缩后的 JPEG 压缩图像格式作为输出文件。

### 2.3 无线通信模块

考虑茶园一般地处山地、丘陵或坡地,很难保证有线通信环境,而且有线的数据传输方式接线复杂、布线困难、存在抗干扰能力差、易遭受雷击,使得成本高,日后维修较困难,因此模块采用 3G 无线网络来传输数据,它具有成本低、传输距离不受限制、较好的实时性和通信速率等特点,能够满足本系统的要求。该通信模块设计上支持永久在线功能,其包含了上电自动拨号、采用心跳包保持永久

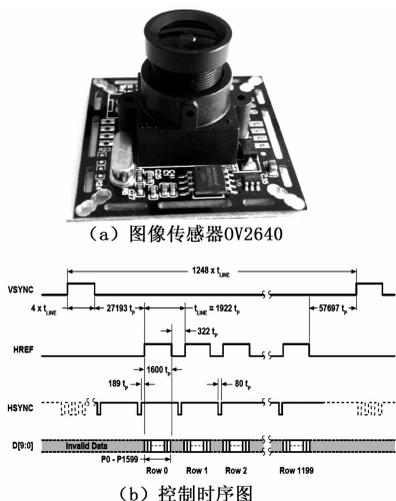


图 3 图像传感器 OV2640 和控制时序图

在线、支持断线自动重连、自动重拨号等特点, 确保通信的稳定。此外还提供一些扩展功能: 支持远程短信控制、提供在线/离线电平指示等。这些扩展功能可以增强系统的可靠性, 以及方便用户的使用及后续维护。

### 2.4 电源模块

数据传输与采集终端用到两种电压: 直流 5 V 和直流 3.3 V, 5 V 用于 ARM 控制模块、气象要素采集模块和 3G 无线通信模块, 3.3 V 电压用于图像采集模块。太阳能电板通过太阳能控制器给蓄电池充电, 蓄电池再经由太阳能控制器输出的电压为 12V, 利用 DC/DC 降压转换器 MP2359 输出 5 V 和 3.3 V 电压。

## 3 系统软件设计

### 3.1 软件开发技术

针对上述硬件结构, 结合茶园农业气象信息监测的特点, 以可靠性、稳定性和安全性为基本原则, 基于 Visual Studio 2013 的编译平台, 利用 C++ 和 C# 编程语言自行开发了该软件系统。主要由“信息监控与管理”和“信息综合服务”两个软件组成, 实现远程服务器端气象与农情信息的监控、远程管理及综合显示, 均实现了模块化, 便于后续功能的扩展、升级与维护。系统工作流程如图 4 所示。

### 3.2 信息监控与管理

信息监控与管理软件如图 5 所示。软件分为: 监控管理、软件设置、通讯参数设置、设备管理和数据管理五个功能模块。其中, 监控管理模块主要包括: 开启和停止监控、分离终端和清除信息等功能; 软件设置模块包括: 服务器 IP 和端口号、数据库、系统参数和预警阈值的设置; 通讯参数设置模块包括: 移动服务参数设置、模块设置等; 设备管理模块包括: 气象要素采集模块和图像采集模块的采集周期和采集时间段设置、图像采集模块拍摄图像的分辨率与压缩率设置、图像采集模块供电参数设置; 数据管理模块包括: 已入库气象要素的检索以及图像数据的查看。

数据采集与传输终端与远程服务器端监控管理软件间传输的信息主要为茶园气象要素信息、图像信息和控制命

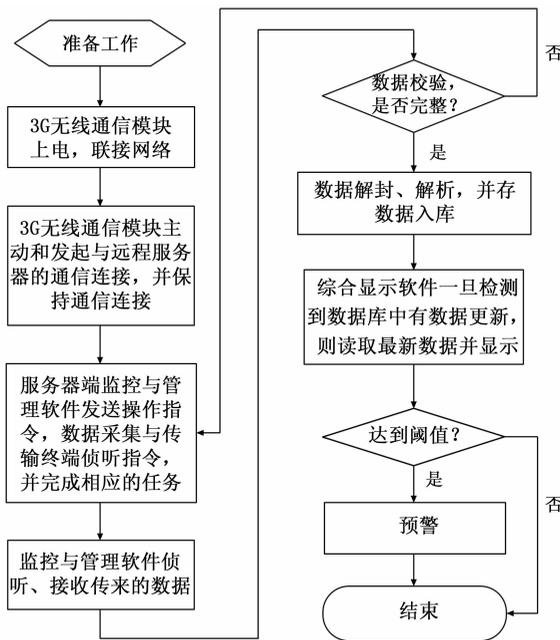


图 4 系统工作流程图



图 5 信息监控与管理软件

令信息。根据它们之间传输数据的特点, 定义传输信息格式<sup>[9]</sup>如下:

标识信息\_指令类型\_相关参数\n

对于气象要素信息, 标识信息为: METE0; 若图像信息, 标识信息类型为: IMAGE, 若控制命令, 标识信息类型为: CONTROL。所有传输信息末位均以回车换行符\n结束。

数据采集与传输终端(以下简称: 采集终端)向远程服务器端监控管理软件(以下简称: 监管软件)发送的控制指令信息、监管软件向采集终端发送的控制指令信息分别如表 1、表 2 所示。

表 1 采集终端向监管软件发送的控制指令信息

指令名称	指令类型	相关参数
请求连接	JOINT	服务器 IP 和端口号
断开连接	BREAK	Null
开始传输	START	服务器 IP 和端口号
数据大小	DATASIZE	服务器 IP 和端口号
传输完毕	FINISHED	服务器 IP 和端口号
终端信息	TERMINFO	终端 IP、服务器 IP 和端口号

表 2 监管软件向采集终端发送的控制指令信息

指令名称	指令类型	相关参数
请求连接	CONNECT	终端 IP
断开连接	END	终端 IP
传输数据	TRANSFER	终端 IP
数据采集	DAQ	终端 IP
采集频率	AQT	终端 IP、采集时间间隔
采集时段	AQP	终端 IP、采集时间段
图像像素	RESOLUTION	终端 IP、像素值
图像压缩率	COMPRESSION	终端 IP、压缩率值
重启终端	RESTART	终端 IP

### 3.3 信息综合服务

信息综合服务软件如图 6 所示，该软件实现了茶园气象与农情信息的综合显示，让用户更直观、更方便的了解茶园实时的气象与农情信息，主要包括以下 5 个功能：茶园实景监测、气象要素显示、气象灾害识别、功能与设置以及连接状态。



图 6 信息综合服务软件

茶园实景监测栏实时显示实景图像和图像采集的时间。气象要素显示栏显示最新时次茶园的气温、降水量、风和相对湿度等信息；气象灾害识别栏利用数字图像信息，通过卷积神经网络<sup>[12-13]</sup>提取合适的特征集，并结合相应气象要素（如温、压、湿、风等）和霜冻指标<sup>[14]</sup>，利用支持向量机<sup>[15-16]</sup>进行训练与分类，最终实现气象灾害的识别，算法流程如图 7 所示。功能与设置栏提供了数据中心、阈值设置、雷达监测预警等功能；连接状态栏显示该系统与采集终端的连接状态。

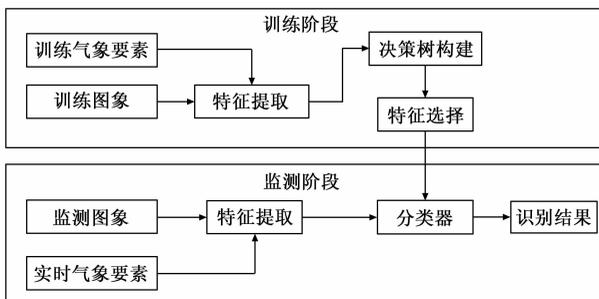


图 7 气象灾害识别算法流程图

借助该软件，农业气象服务技术人员无须实地走访茶园即可实时知悉茶叶长势、茶园气象信息和气象灾害等，并能及时通知茶园管理者采取应对措施，防止和减少气象

灾害给茶叶带来的危害。

### 4 系统部署及试验

在浙江省湖州市安吉县溪龙乡国家级安吉白茶园区内安装本样机<sup>[17]</sup>，如图 8 所示，并进行实地气象要素、图像信息的采集和传输，经过 2014—2016 年近三年的试验，结果表明：



图 8 样机实物照片

1) 该样机能够稳定、及时地采集和上传气象要素和图像信息，数据传输从不丢包，且无图像丢帧现象。

2) 解决了常规茶园自动气象站无法采集数字图像和微弱降水的短板和难题，实现茶园农情和降水量等信息的精细化、无缝隙采集与监测。

3) 通过测试数据传输时间的试验，结果如表 3 所示，通过计算，其平均传输速率为  $41.2 \text{ KB} \cdot \text{s}^{-1}$ ，一幅 400KB 大小的图像所用时间约 10s，实时性较好，能满足茶园气象灾害监测预警的需求。但该传输速率和 3G 理论传输速率存在一定的差距，分析其传输延迟的原因主要有：受传输距离、地理环境和位置因素（如山地、坡地等复杂地形）制约，3G 网络信号不佳，造成传输速率达不到理论值；从监管软件触发开始采集指令到采集终端开始发送数据，数据采集指令的传输、采集终端数据的采集、预处理和图像压缩都需占用一定的时间；远程服务器的运行速度和宽带的网速也会对传输速率造成影响。

表 3 数据传输时间试验结果

数据包序号	1	2	3	4	5
数据包大小/KB	395	423	389	402	486
传输时间/s	9.77	10.64	9.01	10.32	11.12

4) 远程服务器端监测与控制软件能和外场样机保持稳定的通讯状态，接收数据后能及时入库保存；综合显示软件界面友好，显示信息直观。

5) 通过该系统实时采集的图像分析茶芽长势状况，对湖州春茶开采期预测模型计算结果修正，2015—2016 年春茶气象服务专题（开采期预报）材料中发布的开采日期与实际官方宣布的基本一致（误差为 1~2 天）。

6) 通过设置温度预警阈值（系统设置为比霜冻指标高  $0.5 \sim 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ），当系统监测的温度达到或低于阈值时，系统启用拍照功能，以彩信的形式将拍摄的数字图像及采集的茶园温度、湿度等信息发送给用户，提醒及时采取相应的防霜冻措施。

## 5 结束语

本文利用微电子测量技术、3G 无线通信与控制技术、气象和农情信息可视化技术等, 并通过远程服务器端监控和管理软件的搭建, 自主研制了一套茶园可视化农业气象信息动态监测预警系统。系统实现了茶园图像信息、温湿度、降水数据的一体化采集、综合显示和远程管理等功能。

通过近两年的外场试验, 结果表明: 1) 系统运行稳定, 能及时采集和上传气象要素和图像信息, 数据传输从不丢帧; 2) 解决了常规茶园自动气象站无法采集图像和微弱降水的短板和难题; 3) 通过外场试验资料, 计算了平均传输速率为  $41.2 \text{ KB} \cdot \text{s}^{-1}$ , 实时性较好, 能满足实际业务需求; 4) 在茶叶生长发育和采摘的关键时期, 通过该系统的部署及试验, 农业气象服务技术人员借助该系统即可实时知悉茶叶长势、茶园气象信息和气象灾害等, 为开展茶叶专题气象服务提供理论和技术支撑。

但是受外场观测样本个数和研发技术水平所限, 就目前试验的结果还存在一些不足, 比如: 系统拍摄图像像素还不够、数据传输速率低于理论传输值等, 这些问题还有待后续进一步改进和完善。

### 参考文献:

[1] 吴 彬, 李艳芳, 刘双喜, 等. 基于 GIS 的湖州特色农业气象灾害监测预警平台研制及应用 [J]. 浙江农业科学, 2016, 57 (5): 760-764.

[2] 刘瑞娜, 陈 鹏. 安徽省茶叶春霜冻发生规律及风险分布 [J]. 气象科技, 2016, 44 (6): 1060-1065.

[3] 王 俊, 蒯志敏, 张旭晖. 江苏省春霜冻发生时空演变规律及其对春茶的影响 [J]. 中国农业气象, 2011, 32 (S1): 222-226.

[4] 吴 杨, 金志凤, 叶建刚, 等. 浙江茶树春霜冻发生规律及其

(上接第 194 页)

[2] 陈海焱, 段献忠, 陈金富. 分布式电源对配网静态电压稳定性的影响 [J]. 电网技术, 2006, 30 (19): 27-30.

[3] 谢 林, 谢开贵, 何 坚, 等. 计及控制策略的并网型微电网可靠性评估 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41 (15): 103-108.

[4] Huo G, Wei Q, Rong P X, et al. Brittleness entropy of complex system based protection of Microgrid [A]. The 6th International Forum on Strategic Technology [C]. Harbin, China, 2011: 433-436.

[5] 周彦衡, 吴俊勇, 张广韬, 等. 考虑级联故障的电力系统脆弱性评估 [J]. 电网技术, 2013, 37 (2): 444-449.

[6] 唐 强. 电力系统脆弱性评估方法研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2012.

[7] 关万琳. 分布式电源优化配置与配电网重构 [D]. 湖南: 湖南大学, 2014.

[8] 魏震波, 刘俊勇, 朱国俊, 等. 基于可靠性加权拓扑模型下的电网脆弱性评估模型 [J]. 电工技术学报, 2010, 25 (8): 131-136.

[9] 李 勇, 刘俊勇, 刘晓宇, 等. 基于潮流熵的电网连锁故障传播元件的脆弱性评估 [J]. 电力系统自动化, 2012, 36 (19):

与太平洋海温的遥相关分析 [J]. 中国农业气象, 2014, 35 (4): 434-439.

[5] 何 敏. 基于 GIS 的茶园环境实时监测与防冻预警系统 [D]. 长春: 吉林大学, 2013. 27-61.

[6] 王 敏. 基于无线传感器网络的茶树低温灾害监测预警系统设计 [D]. 镇江: 江苏大学, 2011. 25-73.

[7] 杨志勇, 王卫星. 无线传感器网络节点电源系统设计 [J]. 通信电源技术, 2008, 25 (6): 63-64.

[8] 王卫星, 罗锡文, 孙道宗, 等. 基于无线传感器网络的茶树低温灾害监测预警系统设计 [J]. 农业工程学报, 2011, 27 (5): 169-173.

[9] 刘龙申, 沈明霞, 孙玉文, 等. 基于 FPGA 的农田图像采集与 3G 无线传输系统设计 [J]. 农业机械学报, 2011, 42 (12): 186-190.

[10] 陆 明, 申双和, 王春艳, 李茂松. 基于图像识别技术的夏玉米生育期识别方法初探 [J]. 中国农业气象, 2011, 32 (3): 423-429.

[11] 林兰芬, 王瑞松, 于鹏华. 基于 GIS 的农田小气候环境可视监测系统 [J]. 农业机械学报, 2015, 46 (3): 254-259.

[12] 李 骞, 范 茵, 张 璟, 等. 基于室外图像的天气现象识别方法 [J]. 计算机应用, 2011, 31 (6): 1624-1627.

[13] (美) 伊恩·古德菲洛, (加) 约书亚·本吉奥, (加) 亚伦·库维尔著; 赵申剑, 黎彧君, 符天凡, 等译. 深度学习 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2017.

[14] 叶建刚, 金志凤, 杨再强. 4 月 7 日霜冻对绍兴茶叶影响的评估 [J]. 浙江农业科学, 2013 (9): 1085-1088.

[15] 吴 彬, 李艳芳, 金志凤, 等. 茶叶生产气象服务系统的设计与实现 [J]. 浙江农业科学, 2015, 56 (7): 980-982.

[16] 王小川, 史 峰, 郁 磊, 等. MATLAB 神经网络 43 个案例分析 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013.

[17] 湖州市气象局. 一种基于无线传输技术的茶园气象灾害监测预警装置 [P]. 中国: ZL201320368811. 8, 2013.

1-6.

[10] 蔡 晔, 陈彦如, 曹一家, 等. 基于加权网络结构熵的电网连锁故障研究 [J]. 复杂系统与复杂性科学, 2013, 10 (1): 54-55.

[11] Mao Y B, Liu F, Mei S W. On the topological characteristics of power grids with distributed generation [A]. Proceedings of the 29th Chinese Control Conference [C]. Beijing, 2010.

[12] 刘 畅. 自愈配电网的脆弱性评估与故障恢复重构研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2010.

[13] 申永涛, 刘宗歧, 刘文霞, 等. 风电接入对电力系统节点脆弱性的影响分析 [J]. 现代电力, 2013, 30 (6): 1-5.

[14] 张 硕, 李庚银, 周 明. 含风电场的发电系统可靠性评估 [J]. 中国电机工程学报, 2010, 30 (7): 1-7.

[15] 杨蔚百, 戴景宸, 孙启宏. 电力系统可靠性分析基础及应用 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1986: 382-386.

[16] 刘 威, 赵 渊, 周家启, 等. 计及风电场的发输电系统可靠性评估 [J]. 电网技术, 2008, 32 (13): 69-74.

[17] Mao Y B, Liu F, Mei S W. On the topological characteristics of power grids with distributed generation [A]. Proceedings of the 29th Chinese Control Conference [C]. Beijing, 2010.