

基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害 监测预警系统设计

袁翔

(福建省气象信息中心, 福州 350028)

摘要: 为缩小预警监测指标与测试指标之间的数值差, 实现对气象灾害现象的准确监测, 设计基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害监测预警系统; 在中心站体系内建立自动监测站局域网, 按照实际响应需求, 连接影像显示模块与预警、响应模块, 完成监测预警系统主站部分的设计; 求解遥感影像数据集, 根据卫星信息堆叠系数求解结果, 定义核函数任务映射表达式, 实现基于卫星遥感技术的气象灾害监测信息处理; 建立数据库模型, 通过分析中间件性能需求的方式, 确定监测数据的 XML 同步处理结果, 完成数据库同步中间件的搭建, 结合相关设备元件, 实现基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害监测预警系统设计; 实验结果表明, 卫星遥感及数据库同步处理技术可以有效控制预警监测指标与测试指标之间的数值差, 其最大取值结果不超过 0.26, 符合精准监测气象灾害现象的应用需求。

关键词: 卫星遥感; 数据库同步; 气象灾害; 监测预警; 局域网; 堆叠系数; 核函数映射; 性能需求

Design of Meteorological Disaster Monitoring and Early Warning System Based on Satellite Remote Sensing and Database Synchronization

YUAN Xiang

(Fujian Provincial Meteorological Information Center, Fuzhou 350028, China)

Abstract: In order to reduce the numerical difference between early warning monitoring indicators and test indicators, and realize the accurate monitoring of meteorological disasters, a meteorological disaster monitoring and early warning system based on the satellite remote sensing and database synchronization is designed. Establish the local area network of automatic monitoring station in the central station system, connect the image display module with the early warning and response module according to the actual response requirements, and complete the design of the main station of the monitoring and early warning system. Solve the remote sensing image data set, define the kernel function task mapping expression according to the result of satellite information stacking coefficient solution, and realize the meteorological disaster monitoring information processing based on satellite remote sensing technology. Establish a database model, determine the XML synchronization processing results of monitoring data by analyzing the performance requirements of middleware, complete the construction of database synchronization middleware, and realize the design of meteorological disaster monitoring and early warning system based on satellite remote sensing and database synchronization combined with relevant equipment components. The experimental results show that the satellite remote sensing and database synchronous processing technology can effectively control the numerical difference between the early warning monitoring indicators and the test indicators, the maximum value result does not exceed 0.26, which meets the application requirements of accurate monitoring of meteorological disasters.

Keywords: satellite remote sensing; database synchronization; meteorological disasters; monitoring and early warning; local area network; stacking factor; kernel function mapping; performance requirements

0 引言

卫星遥感是包含多项天体观测方法的综合性应用技术, 能够借助仪器仪表设备, 对采集到的各项数据信息进行处理与分析。遥感平台是实现卫星遥感技术的关键运载工具, 可以在遥感器元件的作用下, 反射电磁波信号, 从而实现地对物环境辐射的远距离感测, 常见的多光谱扫描仪、散射计、红外扫描仪等设备, 都属于高精度的遥感器元件^[1]。

相较于其他类型的测量方法, 卫星遥感具有数据采集速度快、信息可重复、视域广等应用优势。数据库同步就是指数据库主机可以将当前程序指令的最终执行结果直接回传至相关节点, 并可以在传输过程中维护数据一致性的处理方法, 既弥补了异构环境在完整性方面的不足, 也使得本地主机具有了高级自治的能力^[2]。近年来, 相关研究人员将卫星遥感技术与数据库同步思想结合起来, 并以这种新型处理方法为基础, 对自然灾害等环境问题进行监测。

收稿日期: 2023-02-02; 修回日期: 2023-03-08。

基金项目: 2021年福建省科技厅引导性项目(2021Y0057)。

作者简介: 袁翔(1980-), 男, 四川自贡人, 大学本科, 高级工程师, 主要从事信息技术, 卫星遥感方向的研究。

引用格式: 袁翔. 基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害监测预警系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(7): 71-76.

气象灾害是一种常见的自然灾害问题，具有破坏性强、作用范围广等特征，恶劣环境下气象灾害的频繁发生不但会对自然生态平衡造成严重影响，还有可能危及人们的生命安全。微型气象监测系统针对局部定点区域建立智能化的微型气象监测模型，利用 Raspberry Pi 4B 平台采集气象数据，并基于 Qt 架构体系开发了一款服务端应用软件，该系统能够综合检测多种不同的气象信息，为气象数据联合分析提供可靠的源数据信息^[3]。基于 4G 的高分辨率气象监测系统以降低监测时延作为出发点，联合 4G 无线通信技术，实现对突出气象灾害问题的定向化监测，并借助 SQL 数据库主机实现对监测信息的实时存储^[4]。上述两类系统的应用，虽然实现了对气象预警指标的监测，但却并不能有效控制实际测量值指标与标准测试值之间的数值差，故而容易导致非精准监测结果的出现。为避免上述情况的发生，联合卫星遥感与数据库同步处理技术，设计一种新型的气象灾害监测预警系统。

1 主站部分设计

气象灾害监测预警系统的主站部分包括中心站、监测站局域网、影像显示模块、预警响应模块四部分，本章针对每一应用元件的具体设计方法展开研究。

1.1 中心站

气象灾害监测预警系统中心站体系的布局遵循无线分组交换业务 GPRS 的通信模式，严格按照由骨干交换机到 IU 服务器再到外网交换机的设备互联关系，既可以将骨干网络中的控制信息分散传输至下级应用设备之中，也可以将站外子系统采集到的气象监测信息反传回核心置信设备^[5]。整个中心站体系由站内子系统、站外子系统组成，具体布局形式如图 1 所示。

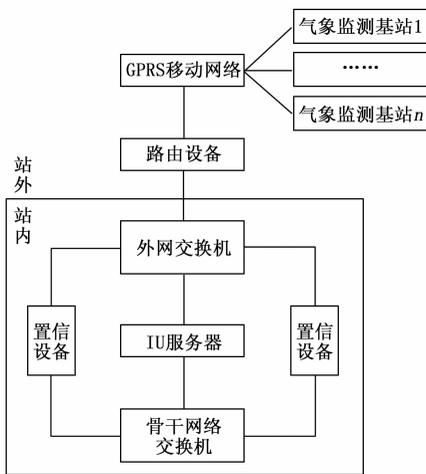


图 1 中心站布局结构

站内子系统包括骨干网络交换机、置信设备、IU 服务器与外网交换机，骨干网络交换机提供最原始的控制数据，IU 服务器负责对接收到的数据文本进行二次加工，置信设备可以收集站外子系统回传的气象监测信息，外网交换机则主要作为连接站内、站外子系统的过渡设备^[6]。站外子

系统包括路由设备、GPRS 通信网络和多个气象监测基站，气象监测基站分散于外部环境中，可以直接采集与气象灾害问题相关的数据信息参量；GPRS 通信网络具有信息外扩的能力，能够初步处理监测基站采集到的数据信息，并将其暂时回传至路由设备之中；路由设备同时连接 GPRS 通信网络与站内子系统的外网交换机，可以调度数据信息，使得中心站体系站内、站外呈现统一的数据通信模式。

1.2 自动监测站局域网

自动监测站局域网是气象灾害监测预警系统中唯一的网络运行体系，由数据处理平台、自动站、传输网络、显示平台四部分组成，具体分级形式如图 2 所示。

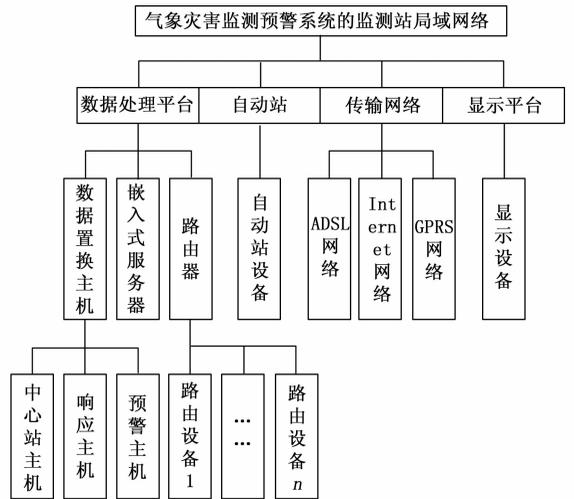


图 2 自动监测站局域网分级架构

局域网应用能力主要体现在如下几个方面：

- 1) 数据处理平台：包括两级层进式结构，第一层主要为数据置换主机、嵌入式服务器与路由器，第二层则是继续对数据置换主机与路由器设备应用能力进行分化。第一级层进结构对应中心站体系那种的站内子系统，数据置换主机对接置信设备，嵌入式服务器对接 IU 服务器与骨干网络交换机，路由器对接外网交换机，主要负责处理外部气象监测基站获取的气象灾害数据。第二级层进结构只针对数据置换主机与路由器设备，前者继续细化为中心站主机、响应主机与预警主机，可以根据外部气象灾害现象的表现情况，做出相应的反应；后者则继续细化为多个路由设备，对监测预警系统中的数据信息进行转存与暂时记录^[7-8]。
- 2) 自动站设备：响应数据处理平台下达的监测与预警指令。
- 3) 传输网络：管理气象灾害监测预警系统中所有的数据传输任务。
- 4) 显示平台：显示与监测预警信息相关的文件或指令。

1.3 影像显示模块

影像显示模块能够根据气象监测基站所测得的灾害信息，生成不同的显示影像，从而更直观表现出气象灾害问题的恶劣程度。该模块接受中心站体系的直接调度与管理，

能够联合自动化局域网，处理系统响应所需的数据文件，并可以根据程序指令的具体指示，形成完整的显示画面，但为使监测信息与显示影像保持一致性，该模块的运行还需要 RTX 3060-O12G-V2-GAMING、VENTUS 2X OC、AMD RDNA2 显示芯片的共同配合。RTX 3060-O12G-V2-GAMING 芯片支持 PCIE4.0，对于灾害信息的传输速率较快，经其处理后的影像数据真实性较高；VENTUS 2X OC 芯片不支持 PCIE4.0，故对于灾害信息的传输速率较慢，但其所显示数据的位宽相对较大；AMD RDNA2 芯片的运行能力相对较为初级，只能对气象监测基站采集到的灾害信息进行重排处理^[9-10]。影像显示模块连接结构如图 3 所示。

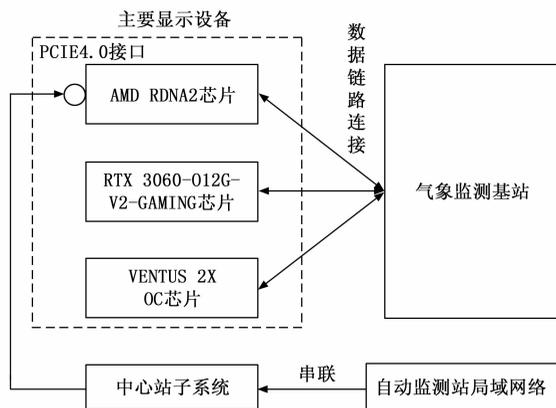


图 3 影像显示模块连接结构

由于只有 RTX 3060-O12G-V2-GAMING 芯片支持 PCIE4.0 端口的连接，所以中心站子系统、自动监测站局域网都只能经由该芯片结构，建立与主要显示设备的连接关系。

1.4 预警、响应模块

预警、响应模块是具有联动关系的次级子单元连接结构，其运行状态受到自动监测站局域网的直接影响，可以根据影像显示模块中显示信息的表现程度，生成相关执行指令，从而使得系统主机能够对气象灾害问题进行准确判断。预警与响应是两条完全相反的回路，前者可以理解为由系统主机指向底层执行模块的信息传输路线，而后者则是由其他底层执行模块指向系统主机的信息传输路线^[11]。预警指令的执行路线较为简单，由系统主机输出的指令直接传输至影像显示模块，再由模块内相关芯片设备进行初步加工，最后直接传输至底层执行模块中。响应指令的执行路线同时涉及中心站子系统、自动监测站局域网与影像显示模块，气象监测基站采集到的信息样本，经过中心站子系统与自动监测站局域网的传输，汇集至系统主机之中，再由主机元件对数据文本中所包含信息进行细致分析后，才会生产指令文件，以供其他底层执行模块的调用与利用^[12]。预警、响应模块设计原理如图 4 所示。

该模块不可以脱离其他系统主站部件而独立运行，故而在气象灾害监测预警系统中所处连接等级较低。

2 基于卫星遥感技术的气象灾害监测信息处理

卫星遥感技术的应用保障了系统主机能够获得大量的

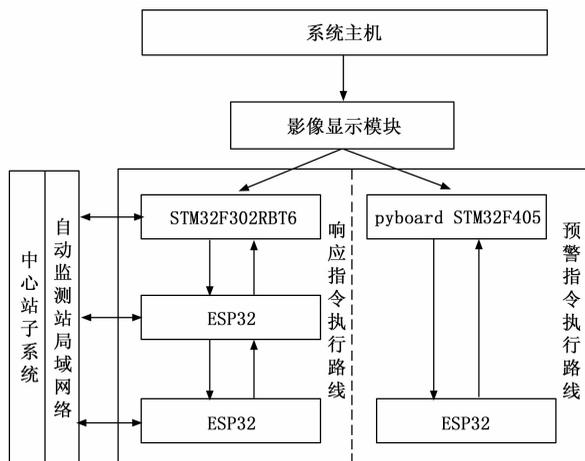


图 4 预警、响应模块设计原理

气象灾害监测信息，而该项技术手段的实施则需要遥感影像数据集的基础上，计算卫星信息堆叠系数，并联合其他参数指标，求解完整的核函数任务映射表达式。

2.1 遥感影像数据集

遥感影像数据集是包含所有气象灾害遥感信息的数据集合，根据测量方位及所应用具体设备元件的不同，数据集的定义形式也会有所不同，但为保证监测预警系统的实时响应能力，集合体定义条件不得包含任何非关联信息^[13-14]。以图 5 所示大风灾害的遥感影像为例，求解遥感影像数据集，首先定义 w_1, w_2, \dots, w_n 为同一遥感区域内，不重合的 n 个监测节点， \hat{R} 表示该遥感区域内的风向特征， u' 表示灾害判别系数，综合上述物理量，求解核心影像指标 α 的定义结果如公式 (1)。

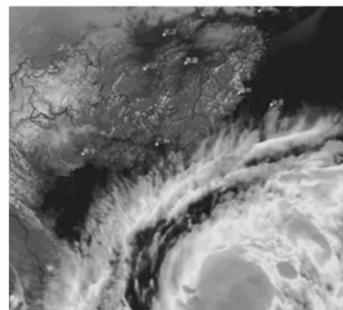


图 5 大风灾害的遥感影像

$$\alpha = \frac{\sum \hat{R} \cdot (w_1 + w_2 + \dots + w_n)}{n! |u'|^2}, n \geq 2 \quad (1)$$

在公式 (1) 的基础上，设 e_a 表示基于参数 α 的影像节点取样权重， β 表示遥感系数， $\chi_a, \delta_a, \varphi_a$ 表示单位遥感区域内三个既不重合也不为零的法向量指标，联立上述物理量，可将遥感影像数据集表达式定义为：

$$\partial = \frac{1}{\beta e_a} \times \left[\frac{\chi_a}{\delta_a + \varphi_a} \right] \quad (2)$$

如果单位遥感区域内所包含监测节点或法向量指标的数量极少，不能满足 $n \geq 2$ 的判别条件，则可以通过增大单

位遥感区域面积的方式，来满足遥感影像数据集定义所需的参数取样需求。

2.2 卫星信息堆叠系数

气象灾害监测预警系统面对卫星遥感数据默认采用核函数处理的方式，对监测所得数据信息进行传输，这就要求在传输数据的过程中，信息参量在单位时间内的堆叠程度不宜过高^[15]。所谓信息堆叠，就是指单位时间内监测所得卫星遥感信息的累积情况，一般来说，遥感影像技术的测量对象为整片监测区域，且气象灾害问题的发生具有突发性与不可控性，所以若不能有效控制堆叠系数取值，有可能导致监测信息覆盖或监测数据受损的问题。对于卫星信息堆叠系数的求解，涉及可控向量与非可控向量，前者就是指利用卫星遥感技术必然监测到的气象灾害数据，后者则是指具有不确定性的监测数据，通常情况下，可控向量取值大于非可控向量^[16]。设 i_1 表示可控向量， i_2 表示非可控向量，关于二者的取值有如下表达式：

$$\begin{cases} i_1 > i_2 \\ i_1, i_2 \in \partial \end{cases} \quad (3)$$

根据公式 (3) 求解卫星信息堆叠系数，计算结果为：

$$\gamma = \frac{i_1}{u \cdot i_2} \times \sum_{\varphi=1}^{+\infty} \varphi \cdot (y_1 - y_2)^2 \Big|_{y_1 > y_2} \quad (4)$$

式中， u 表示非可控判别系数， φ 表示卫星遥感信息的识别特征， φ 表示核心监测系数， y_1 表示基于 i_1 的灾害性判别参数， y_2 表示基于 i_2 的灾害性判别参数。卫星信息堆叠系数的具体取值，还需根据气象灾害监测预警系统所配置数据库主机对于信息样本的承载能力来进行判定。

2.3 核函数任务映射

核函数任务映射描述了系统主机在处理气象灾害监测信息时所遵循的具体原则，由于卫星遥感技术所采集到的信息包含大量非关联成分，所以为保障预警指令的执行效果，还需根据具体映射原则对监测所得信息样本进行筛选^[17-18]。规定 s_{max} 、 s_{min} 分别表示关联气象灾害卫星遥感信息之间的最大与最小映射向量，且 $s_{max} \neq 0$ 、 $s_{min} \neq 0$ 的不等式条件同时成立， g_{max} 表示基于向量 s_{max} 的函数基准值， g_{min} 表示基于向量 s_{min} 的函数基准值， ΔK 表示数据库主机在单位时间内所能转存的气象灾害卫星遥感信息总量， γ 表示实时转存系数。在上述物理量的支持下，联立公式 (4)，推导基于卫星遥感的气象灾害信息监测核函数任务映射条件为：

$$D = \left[\frac{\left(\frac{s_{max}}{g_{max}}\right)^2 - \left(\frac{s_{min}}{g_{min}}\right)^2}{\gamma \cdot |\Delta K|^2} \right] \quad (5)$$

对于监测预警系统主机设备而言，数据库体系中若累积大量的气象灾害信息，则会导致自动监测站局域网络、预警响应模块等设备元件的运行速率下降，当前情况下，求解所得核函数任务映射表达式取值也就相对较小。

3 数据库同步中间件

数据库同步中间件负责建立数据库模型，并为气象灾害卫星遥感监测信息提供同步处理服务，利用此模式设计

的监测预警系统能够有效控制实测指标与标准测试值之间的数值差。

3.1 数据库模型

数据库模型决定了数据库主机对气象灾害卫星遥感监测信息的存储能力，包括多种布局形式，但为适应时效性需求，监测预警系统只能采用数据闭环循环的经典数据库模式。数据闭环循环就是指从外部气象监测基站到核心数据库主机必须形成一个完整的信息传输闭环，模型体系中涉及的所有元件都不能脱离监测主机的控制而独立运行，特别是在频繁预警的恶劣气象环境下，为实现对灾害问题的清晰表现，除核心数据库主机外，其他元件设备不可以对监测所得信息进行存储^[19-20]。

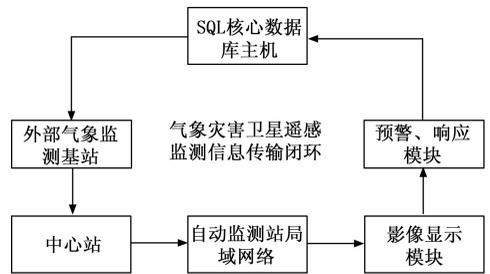


图 6 数据库闭环循环模型

虽然预警、响应模块具有双向执行路线，但每一条线路都可以进行自主执行，且二者直接没有明显的相互干扰关系，所以双模式硬件结构并不会对数据库闭环循环模型的完整性造成影响。

3.2 中间件性能需求

数据库中间件就是执行信息转存指令的设备元件，能够在闭环循环体系中获取大量的气象灾害卫星遥感监测信息，并可以按照既定规则，将这些数据样本整合成全新的存储形式，以供系统主机的应用^[21]。针对中间件性能需求的分析，就是对信息最大存储数值与实时转存速率的分析。

1) 气象灾害卫星遥感监测信息最大存储数值计算式为：

$$h_{max} = D \frac{1 - f \sqrt{\lambda \rho}}{\sum_{c=1}^{+\infty} (j_{max})^2} \quad (6)$$

其中： ρ 表示气象灾害卫星遥感监测信息在数据库主机中的存储密度， λ 表示信息导入系数， f 表示基于闭环循环模型的数据判别参数， c 表示样本数据编码系数， j_{max} 表示气象灾害卫星遥感监测信息存储特征的最大值。

2) 气象灾害卫星遥感监测信息实时转存速率计算式为：

$$v' = \frac{D}{\frac{\vec{x} \cdot \vec{b}}{\eta \cdot |\Delta Z|}} \quad (7)$$

式中， \vec{x} 表示闭环循环模型中的气象灾害卫星遥感监测信息导通向量， \vec{b} 表示数据样本存储特征， ΔZ 表示单一数据库闭环循环中的信息累积量， η 表示信息转存效率。对于数据库同步中间件而言，如果最大存储数值、实时转存速率所指

代的闭环循环模型不统一，则表示当前所运行数据闭环循环体系不满足存储气象灾害监测信息的需求^[22]。

3.3 XML 同步处理

XML 思想规定系统在对气象灾害现象进行监测预警时，数据库同步中间件与主站部分的运行模式不能发生冲突，这种统一运行状态也就是数据库模型的同步处理原则^[23-24]。XML 同步处理定义式为：

$$M = \frac{||h_{max} \cdot v' |^{1/\epsilon}|^2}{\tilde{A} \cdot (\kappa - 1)} \quad (8)$$

其中： ϵ 表示数据库闭环循环模型的容错系数， \tilde{A} 表示基于 XML 标准的卫星遥感信息标记参数， κ 表示同步运行系数。相较于其他类型的数据库运行思想，XML 同步处理对于数据样本的处理更加精细，这也与准确监测并预警气象灾害问题的设计初衷相符合。

4 实例分析

本次实验目的在于控制预警监测指标与标准测试指标之间的数值差，选择基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害监测预警系统、微型气象监测系统、基于 4G 的高分辨率气象监测系统三种不同的应用方法进行实验。

4.1 实验数据处理

利用卫星测量的方式，获取实验区域内的暴风灾害图像，如图 7 所示。

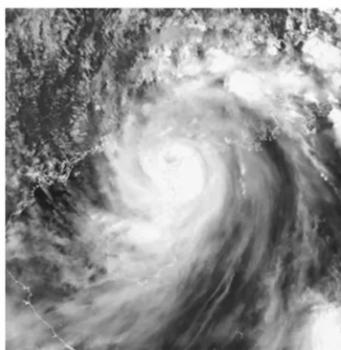


图 7 暴风灾害的卫星图像

借助 UNIX 软件对所得图像进行处理，并提取当前气象灾害情况系的预警监测指标，作为标准测试值，具体数值见表 1。

表 1 标准测试指标

编号	名称	数值
1	风力指标	1.97
2	风向指标	1.45
3	风速指标	2.58
4	宽广度指标	3.01
5	灾害强度指标	3.76
6	气象特征指标	2.89

后续实验所得预警监测指标都需要与标准测试指标进行对比，才可以确定实验结果的有效性。

4.2 方法与步骤

为验证所选实验方法对于气象灾害现象的监测预警能力，设计如下对比实验。

1) 以基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害监测预警系统作为实验组测试方法，利用该方法对图 6 所示卫星图像进行处理，记录实验组预警监测指标的数值情况；

2) 利用微型气象监测系统作为对照组 (a) 组测试方法，利用该方法对图 6 所示卫星图像进行处理，记录对照组 (a) 组预警监测指标的数值情况；

3) 利用基于 4G 的高分辨率气象监测系统作为对照组 (b) 组测试方法，重复步骤 (2)，记录对照组 (b) 组预警监测指标的数值情况；

4) 将实验组、对照组预警监测指标与标准测试指标进行对比，规定指标差值最小一组系统的监测准确性最高。

4.3 结论

图 8 反映了实验组、对照组预警监测指标的具体数值。

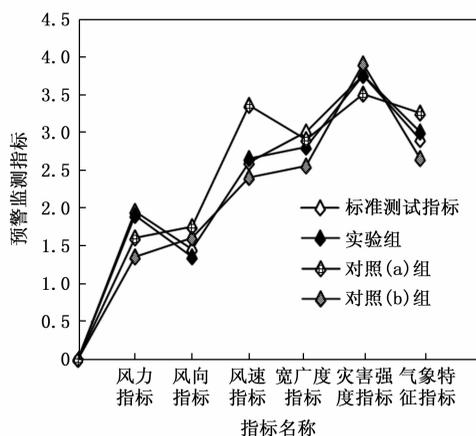


图 8 预警监测指标实验数值

1) 风力指标：对照 (b) 组预警监测指标与标准测试指标之间的差值在该处达到最大，为 0.69，其他实验结果与标准测试指标之间差值大小的排列顺序为：对照 (a) 组 > 实验组；

2) 风向指标：所有预警监测指标与标准测试指标之间的差值都没有取得最大值，实验结果与标准测试指标之间差值大小的排列顺序为：对照 (a) 组 > 对照 (b) 组 > 实验组；

3) 风速指标对照 (a) 组预警监测指标与标准测试指标之间的差值在该处达到最大，为 0.72，其他实验结果与标准测试指标之间差值大小的排列顺序为：对照 (b) 组 > 实验组；

4) 宽广度指标：实验组预警监测指标与标准测试指标之间的差值在该处达到最大，为 0.25，其他实验结果与标准测试指标之间差值大小的排列顺序为：对照 (b) 组 > 对照 (a) 组，值得一提的是，对照 (a) 组的当前实验数值比实验组更为精确；

5) 灾害强度指标：所有预警监测指标与标准测试指标之间的差值都没有取得最大值，实验结果与标准测试指标

之间差值大小的排列顺序为：对照 (a) 组 > 对照 (b) 组 > 实验组；

6) 气象特征指标：所有预警监测指标与标准测试指标之间的差值都没有取得最大值，实验结果与标准测试指标之间差值大小的排列顺序为：对照 (a) 组 > 对照 (b) 组 > 实验组；

综上所述，对照 (a) 组预警系统能够精准监测宽广度指标，但对于其他指标来说，其监测效果并不十分精确，故从综合性角度来看，其监测精度不如实验组预警系统。

实验结论：微型气象监测系统、基于 4G 的高分辨率气象监测系统的应用虽然能够对暴风灾害进行监测，但其测量所得预警指标与标准测试指标之间的差值较大，在精确度方面存在一定欠缺；应用基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害监测预警系统所得预警指标与标准测试指标之间的差值始终能够相对较小，这就表示针对暴风灾害而言，该系统监测结果的精确度较高。

5 结束语

本文设计了基于卫星遥感及数据库同步的气象灾害监测预警系统。卫星遥感与数据库同步技术的应用，使得气象灾害监测预警系统所得测试指标与标准测试指标之间的差值水平得到了较好控制，精准监测气象灾害行为的初衷得以实现。相较于微型气象监测系统、基于 4G 的高分辨率气象监测系统，新型监测预警系统联合中心站结构，对局域网络与下级响应模块进行按需调度，既可以定义完整的核函数任务映射条件，也能够充分激发中间件模型的同步化处理能力，这在实际应用方面确实具有一定优势。

参考文献：

- [1] 杨娟婷, 李晓松. 应用哨兵 2 号卫星遥感影像数据和机器学习算法对锡林郭勒草原土壤表层有机碳及全氮的估算 [J]. 东北林业大学学报, 2022, 50 (1): 64-71.
- [2] 付青, 罗文浪, 吕敬祥. 基于 AlexNet 和支持向量机相结合的卫星遥感影像土地利用变化检测 [J]. 激光与光电子学进展, 2020, 57 (17): 282-290.
- [3] 傅桂霞, 万隆, 宋恺, 等. 面向局部定点区域的微型气象监测系统设计与试验研究 [J]. 科学技术与工程, 2021, 21 (33): 14200-14208.
- [4] 廖伟志, 张文强, 吕清泉, 等. 基于 4G 的高分辨率气象监测系统研究与设计 [J]. 合肥工业大学学报 (自然科学版), 2021, 44 (1): 42-46, 117.
- [5] 李程启, 刘景龙, 张围围, 等. 基于光纤供能的架空输电线路气象监测系统设计 [J]. 山东电力技术, 2022, 49 (8): 50-55, 61.
- [6] 王新华, 陈东, 罗林, 等. 基于 ARM 架构的嵌入式系统在自动气象监测系统的应用: 以 NVST 气象站为例 [J]. 天文研究与技术, 2021, 18 (1): 108-114.
- [7] 巫涛江, 余晓毅, 张春娟, 等. 基于光纤光栅传感网络的电梯健康状态监测系统 [J]. 压电与声光, 2020, 42 (6): 796-799, 805.

- [8] 胡宝雨, 艾雨豪, 程国柱. 基于地铁线路的常规公交局域网络协调调度模型 [J]. 华南理工大学学报 (自然科学版), 2021, 49 (1): 134-141.
- [9] 陈行, 罗斌. 利用动态上采样滤波深度网络进行多角度遥感影像超分辨率重建 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2021, 46 (11): 1716-1726.
- [10] 张和川, 黄洪宇, 陈崇成. 多时段不同定位精度的无人机影像点云的对比分析 [J]. 福州大学学报 (自然科学版), 2022, 50 (4): 505-512.
- [11] 赵奎, 肖尊定, 胡建超. 基于 Sagnac 干涉仪和 Φ -OTDR 的光纤振动预警定位系统 [J]. 光通信技术, 2020, 44 (6): 11-14.
- [12] 雷恒, 周晓岚, 王永强. 基于多重分形特征和分项组合预测联合响应的滑坡预警预测研究 [J]. 大地测量与地球动力学, 2022, 42 (9): 885-891.
- [13] 徐科杰, 邓培芳, 黄鸿. HSRS-SC: 面向遥感场景分类的高光谱图像数据集 [J]. 中国图象图形学报, 2021, 26 (8): 1809-1822.
- [14] 彭龙康, 刘励聪, 陈学泓, 等. 遥感影像云检测网络泛化性能研究: 以 DeepLabv3+ 为例 [J]. 遥感学报, 2021, 25 (5): 1169-1186.
- [15] 屈辰阳, 张莉, 汪鸣泉, 等. 基于 NPP/VIIRS 卫星夜光数据的新建高铁站所在县域的 GDP 估算模型 [J]. 国土资源遥感, 2020, 32 (2): 81-87.
- [16] 杨旭, 崔瑞飞, 田超, 等. 基于线性样条和 CNN-LSTM 的北斗卫星缺失数据处理方法 [J]. 空间科学学报, 2022, 42 (1): 163-169.
- [17] 韩伟, 王帅, 张筱辰, 等. 基于不同核函数 SVR 的锂离子电池 SOH 预测比较 [J]. 电源技术, 2021, 45 (3): 362-365, 377.
- [18] 朱福成, 郭锋. 具有随机特征频率和延迟核函数的分数阶线性振荡器中的随机共振 [J]. 振动与冲击, 2021, 40 (7): 75-80.
- [19] 黄仕靖, 陈国华, 吴川徽, 等. 基于改进 AHP-BP 神经网络的科研项目数据库评价指标模型构建 [J]. 情报科学, 2020, 38 (1): 140-146.
- [20] 刘立成, 徐一凡, 谢贵才, 等. 面向 NoSQL 数据库的 JSON 文档异常检测与语义消歧模型 [J]. 计算机科学, 2021, 48 (2): 93-99.
- [21] 胡飞虎, 郭建文, 吴阿丹, 等. 基于 Python 的生态监测物联网数据自动采汇中间件应用研究 [J]. 遥感技术与应用, 2020, 35 (2): 478-483.
- [22] 王新刚, 朱彬若, 赵航. 基于消息中间件的用电信息采集系统远程停复电可靠性方案 [J]. 电测与仪表, 2020, 57 (21): 126-132, 146.
- [23] 李维斌, 吴一, 任青华, 等. 基于 NI CompactRIO 的晶闸管电源同步信号处理系统 [J]. 强激光与粒子束, 2021, 33 (3): 145-150.
- [24] 刘高辉, 任倩楠. 基于学习字典和符号同步信息的 OFDM 信号带内多路单载波通信干扰抑制方法 [J]. 信号处理, 2021, 37 (5): 788-795.