

# 基于关键信息流的气象水文辅助决策服务

程煜峰<sup>1,2</sup>, 木子尧<sup>1</sup>, 马申佳<sup>1</sup>, 张娟<sup>1</sup>, 李昌宏<sup>1</sup>, 付正养<sup>1</sup>

(1. 中国人民解放军31308部队, 四川 成都 610032;

2. 成都信息工程大学 大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

**摘要:** 借助大数据技术, 以信息流的形式开展辅助决策是满足指挥决策中关键信息需求行之有效的手段。气象水文保障亟需将关键信息流作为重要支撑手段, 对气象水文辅助决策服务架构进行探索设计。在分析气象水文决策内容和特点的基础上, 提出基于跨网系传输的关键信息流支撑指挥员关键信息需求, 以提高气象水文辅助决策的质量和效率, 并且结合实际情况开展了气象水文辅助决策服务架构的初步设计, 以新的架构支撑信息网络和业务体系建设, 提高气象水文辅助决策服务水平。

**关键词:** 气象水文; 大数据; 信息流; 辅助决策

中图分类号: TP399

文献标识码: A

DOI: 10.19358/j.issn.2097-1788.2024.11.009

**引用格式:** 程煜峰, 木子尧, 马申佳, 等. 基于关键信息流的气象水文辅助决策服务 [J]. 网络安全与数据治理, 2024, 43(11): 50-55.

## Assistant decision-making of meteorology and hydrology based on key information flow

Cheng Yufeng<sup>1,2</sup>, Mu Ziyao<sup>1</sup>, Ma Shenjia<sup>1</sup>, Zhang Juan<sup>1</sup>, Li Changhong<sup>1</sup>, Fu Zhengyang<sup>1</sup>

(1. PLA Troops No. 31308, Chengdu 610032, China;

2. Key Laboratory of Atmospheric Sounding, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** By leveraging big data technology and conducting assisted decision-making in the form of information flow, it is an effective means to meet the key information needs in command decision-making. The meteorological and hydrological assurance urgently needs to take key information flow as an important supporting method and explore the design of the service architecture for meteorological and hydrological assistant decision-making. Based on the analysis of the content and characteristics of meteorological and hydrological decision-making, this paper proposes to support commander's key information needs based on cross-network transmission of key information flows, in order to improve the quality and efficiency of meteorological and hydrological assistant decision-making. Combining with the actual situation, a preliminary design of the service architecture for meteorological and hydrological assistant decision-making is conducted, which supports the construction of the information network and business system with the new architecture and improves the level of meteorological and hydrological assistant decision-making services.

**Key words:** meteorology and hydrology; big data; information flow; assistant decision-making

## 0 引言

气象和水文作为两门建立在观探测基础上的基础学科, 由于其基础观测数据量大、要素关联性强、时间空间连续性强, 具备大数据的天然属性。随着气象水文态势感知技术的发展, 雷达、遥感、反演等非常规观探测手段得到广泛应用, 形成地基、海基、空基、天基观测相互协调的一体化综合观测体系。同时, 数值模式和人

工智能方法助力气象水文预报产品向着更精细化的方向发展, 相应产生了一系列高时空分辨率的气象水文服务产品, 这些产品具备典型的大量 (Volume)、高速 (Velocity)、多样 (Variety)、低价值密度 (Value) 和真实性 (Veracity) “5V” 特征<sup>[1]</sup>, 且用传统的常规手段难以处理海量的气象水文数据, 因此现代化的气象水文辅助决策离不开大数据技术的支持<sup>[2-4]</sup>。

大数据能够满足指挥决策对信息全面性、精确性和有效性的要求,辅助决策者准确定下行动决心、科学统筹资源配置、精准控制行动进程,降低决策的风险和不确定性<sup>[5-7]</sup>。在信息化发展的初期,人们往往更加注重数据收集和规模,数据量越大、数据种类越丰富,关联度就越高,越容易提高决策效率。但随着任务信息量的急剧攀升,数据量呈指数级增长,决策者的关注重点就转到如何筛选出真正有用的关键信息。为适应信息化新需要,指挥官关键信息需求( Commander's Critical Information Requirements, CCIR)这一理念<sup>[8]</sup>被提出,就是基于海量数据的搜集、挖掘、分析、判断,提取出与行动目的高度契合的关键问题,以关键信息需求的形式来呈现,满足决策者的关键信息需求。

关于如何满足指挥决策中的气象水文关键信息需求,借助大数据技术、以信息流的形式开展气象水文辅助决策是一条行之有效的,但因各类气象水文数据来自不同安全管理等级的网络,必须考虑在信息流动受限于跨网系传输效率的前提下,合理构建基于混合网络的信息服务架构,以关键信息流高效支撑气象水文辅助决策。

为适应大数据背景下的辅助决策要求,气象水文保障亟需将关键信息流作为重要支撑手段,对气象水文辅助决策服务架构进行探索设计,支撑信息网络和业务体系建设,基于混合网络实现对海量气象水文信息资源的深度挖掘和分析,提高气象水文辅助决策服务水平。

## 1 气象水文辅助决策的内容特点

气象水文分别研究天气过程和水文过程,主要关注气候水文背景、气象水文态势、危险天气和洪水过程等方面,气象水文要素对辅助决策具有重要意义,可以从态势感知、环境分析和预报预警等方面为各类行动的实施提供科学依据和决策支持。

### 1.1 气象水文辅助决策的内容

#### (1) 气象水文态势监测

对任务区气象水文态势进行实时监测,主要包括温度、湿度、风、降水、天气现象,主要河流的水位、流量、流速,重要水库的库水位、入流、出流等基本要素,还包括卫星、雷达、航测等非常规观探测产品,为决策者提供不间断的任务区实时态势。

#### (2) 气象水文环境分析

基于各类气象水文观探测数据,对任务区气象水文环境特点、要素特征、灾害风险进行全面梳理和综合分析,针对各类行动的特点,分析气象水文环境可能的影响和建议。气象水文环境分析的关键在于基础数据的积

累,基于气象水文大数据对长时间序列的各类数据进行深度挖掘,为决策者提供全面的行动筹划支撑。

#### (3) 气象水文预报预警

利用各类数据产品开展分析研判,在联合会商的基础上,对任务区未来气象水文态势演变规律和重要过程进行预报,对各类行动有较大影响的气象水文过程,如暴雨、雷暴、大风、洪水等,要及时发布预警信息,重点关注重要点位、陆上交通线、航线和空域等,为决策者提供行动控制和决策的依据。

#### (4) 行动时间窗口建议

综合气象水文态势感知、气象水文背景分析和气象水文预报预警的结果,以具体行动和装备的气象水文条件为标准,提前给出行动时间窗口建议。从时间上,以月为单位(气候窗口)、日为单位(中期气象窗口)、小时为单位(短临气象窗口);从类型上,包括具体行动、装备使用等;从表现形式上,以甘特图、热力图等形式。

#### (5) 气象水文风险评估和预估

基于气象水文条件对各类行动和装备使用的影响,利用气象水文实况和预报结果,结合量化影响模型,对行动任务的气象水文风险进行评估或预估,作为行动筹划和控制的参考,其中基于历史和实况数据的称为评估,基于预报数据的称为预估。

总的来说,气象水文态势监测是基础,并且贯穿行动筹划、控制和评估的始终;气象水文环境分析和预报预警是关键,准确的分析预报能够充分发挥态势监控数据产品的效能,并且为行动窗口选择和风险评估提供依据;行动时间窗口建议和风险评估预估是辅助决策的重要形式,是直接提供给用户和决策者的服务产品。

### 1.2 气象水文辅助决策的特点

气象和水文都是建立在数据基础上的学科,随着观探测技术的发展和大数据技术的广泛应用,气象水文辅助决策有着以下几方面特点<sup>[9-10]</sup>:

(1) 基础数据量大。气象水文观探测数据时间分辨率可以达到分钟级,且空间覆盖范围较广,另外卫星遥感、数值预报的精度越来越高,基础数据量也随之快速增长,仅日常保障中,每日接收的数据量都在百 GB 以上,海量数据的接收、存储、挖掘都需要借助大数据技术来实现。

(2) 保障实效性强。天气和水文每时每刻都在变化,所有的预报和警报都有一定的保障时限,以雷暴、飚线等中小尺度天气系统为例,其时间尺度从几十分钟到几小时,预报的实时性要求很高,但造成的危害却很显著,因此,在气象水文辅助决策中不仅需要关注精准性,还需要兼顾实效性,即尽量用较短的时间制作产品、提供

服务,避免人为的延迟。

(3) 贯穿任务全程。气象水文是环境要素的基础,只要有人类的活动,无时无刻不受环境的影响,从先期的筹划、人员和装备的机动、行动的实施都需要考虑气象水文的决策支持,但各个阶段的辅助决策需求侧重点也是不同的。例如,筹划阶段更偏重于气象水文环境和影响分析,机动阶段更偏重于重要点位和机动沿线的预报预警,行动阶段更偏重于时间窗口的滚动更新,因此对气象水文辅助决策也提出了很高的要求。

总的来说,气象水文辅助决策的内容和特点就决定了,必须基于海量数据及时形成感知、分析、预报、评估等精细化产品,在时间、空间上做到无缝隙全覆盖,帮助决策者全面掌握当前环境特点和未来演变规律。因此,需要对充分利用大数据技术开展深度挖掘和分析,同时研究如何提高辅助决策信息服务的效率。

## 2 大数据背景下决策者关键信息需求

随着“信息海洋”的现实和决策者有限认知资源之间的矛盾越来越凸现,一方面可以大力发展大数据和人工智能技术来提升信息挖掘和检索效率;另一方面,在需求端通过提炼关键信息需求来提升决策服务的效率。

### 2.1 关键信息需求的概念

指挥官关键信息需求(CCIR)目的是为了进一步协调适应指挥官有限的注意力和认知决策资源。相关概念可以总结为:为适应和节约决策者的有限认知资源,由决策者主导、辅助决策者配合,确定出与任务密切相关、对准确把握全局和做出精准决策具有关键作用的信息。关键信息需求的基本内容包括优先情报需求(Priority Intelligence Requirements, PIR)和友军信息需求(Friendly Force Information Requirements, FFIR)两大基本要素,以及己方信息要素(Essential Elements For Informations, EEFIs)和特殊信息需求(Host Nation Information Requirements, HNIR)两大补充要素。其中特殊信息需求是指影响主要行动的环境因素,例如社会、人文、气象、水文等。

关键信息需求的获取可以由决策者直接提出、相应的辅助决策要素收集整编,也可以由各辅助决策要素主动提报、再由决策者审核<sup>[8]</sup>。

### 2.2 基于大数据的气象水文关键信息需求

大数据技术的发展,为满足决策者关键信息需求提供了软硬件基础,由于气象水文数据天然具备大数据的特征(规模性、复杂性、时效性、价值性),在气象水文辅助决策过程中,大数据技术更能发挥出积极作用<sup>[11-12]</sup>。一是利用分布式文件系统和数据仓库技术,建立气象水文大数据基础平台,使得海量气象水文数据能

够便捷高效地采集和存储,解决关键信息需求的数据基础问题。二是以分布式计算框架和模型算法,提供数据处理和分析能力,帮助辅助决策要素从海量气象水文数据挖掘信息,解决关键信息需求提炼整编问题。三是通过交互式图表和地理信息系统,融入指挥决策“一张图”,解决关键信息需求的可视化问题。四是以完善高效的数据接口,提供多维度的气象水文数据分析和应用,解决关键信息需求的服务共享问题。

关键信息需求是信息化和智能化背景下指挥决策的有效方式,在行动实施过程中,各辅助决策要素严格按照决策者关键信息需求来汇集和整编信息,及时准确回应每项需求,并且以简洁、直观的方式呈现,以便决策者快速全面地掌握态势,科学有效地定下指挥决心。

## 3 基于跨网系传输的关键信息流

### 3.1 关键信息流的概念

现代信息技术的概念中,信息流(Information Flow)<sup>[13]</sup>是指信息处理过程中信息在计算机系统和通信网络中的流动,而传播学和商业领域引申和拓展了这一概念,认为信息流是指空间和时间上向同一方向运动的一组信息,它们有共同的信息源和信息的接收者,即由一个信息源向另一个单位传递的全部信息的集合。信息流的主要功能主要体现在体系连接、调节控制、辅助决策等方面,信息流的深度、速度和广度是信息化背景下各类社会活动的重要评价指标。

辅助决策的本质仍然是一种信息流的传递过程,关键信息需求的产生和整编就包含了信息的采集、处理、分析、传递等环节,通过大数据技术对来数据进行挖掘、整合和处理,提炼出关键信息流传递给决策者;同时信息流帮助决策者对不同来源的信息进行整合和交互,使决策者从多个维度了解全局,及时对关键信息需求进行调整。

### 3.2 跨网系信息服务的特殊需求和优化策略

气象水文数据来源广泛,专线网络涉及卫星广播、业务专线等多个网系,由于安全管理级别不同,不能直接与决策网业务系统进行数据融合,因此气象水文的辅助决策必须建立基于混合网络的信息服务架构。通常所采用的方法是在外网系完成基础数据的收集,在内部业务网完成大数据平台构建,并且以适当形式面向高级决策网提供信息服务。

基于混合网络的信息服务架构可能受到网络拥塞、带宽限制、网络质量等跨网系传输带来的网络延时问题的影响,甚至有可能涉及无物理连接的跨网单向传输,信息流动受限于较低的传输效率,构建支撑辅助决策的

关键信息流必须充分考虑这一不利条件,从物理位置、查询传输和业务模式等方面进行优化改进。

(1) 物理位置方面:采取合理的服务架构,将辅助决策所需数据尽量分布在靠近决策者的服务器上,即将关键信息流的起点尽量靠近决策者,从而减少跨网传输带来的时间和带宽消耗。

(2) 查询传输方面:针对气象水文的大数据特征,需要考虑采用增量式查询、分段查询等方式,减少跨网传输所需数据量,同时采用可靠传输协议、分流、多线程并行等传输优化手段,以提高跨网传输速度和效率。

(3) 业务模式方面:由于不同需求响应方式和呈现方式(包括数据访问模式、数据大小和业务需求)差异很大,需要在实际应用中不断优化产生关键信息流的业务模式和业务流程,从而提高数据传输和服务响应速度。

从优化改进策略来看,数据物理位置和查询传输更多利用技术手段来提升传输效率,而业务模式从优化服务策略的角度,以改进关键信息流的产生方式来强化内容质量,实现构建支撑辅助决策的关键信息流。

### 3.3 支撑气象水文辅助决策的关键信息流

基于决策者关键信息需求构建关键信息流,提供气象水文辅助决策服务,需要考虑以下几个方面:一是确定问题和目标。辅助决策要素要充分把握决策者的关键信息需求,更要理解决策者决心意图,以便在处理数据时集中精力进行分析。二是注意使用数据分析方法(如趋势分析、预测模型和聚类分析等),更深入地了解数据并提供决策建议。三是充分利用可视化工具,通过诸如图表、图形等方式,将数据转换成具有视觉效果的信息,以帮助决策者清晰地了解当前态势和未来变化趋势。关键信息流是大数据技术支持下的一系列流程,能够更好地管理和利用从海量数据中提取整编出的决策服务信息,在满足决策者关键信息需求的过程中,帮助决策者和相关要素便捷高效地应对专业问题,在快速变化的环境中保持决策的质量和效率。

## 4 气象水文辅助决策服务架构设计

### 4.1 架构设计

根据大数据背景下决策者关键信息需求,针对气象水文数据跨网传输的特点,结合以关键信息流支撑辅助决策的实际对气象水文辅助决策服务架构进行了初步设计。总的原则是在气象水文大数据深度挖掘和分析的基础上,以关键信息流满足决策者的关键信息需求,提升跨网传输背景下气象水文辅助决策的质效。

按照气象水文数据特点和辅助决策要求,整体架构可以分为基础数据层、网络连接层、服务应用层3个层

级(如图1所示),其中基础数据层主要反映气象水文数据产品的流转,网络连接层主要反映的是气象水文大数据中心、各网系和业务系统的分布情况,服务应用层反映的是以信息流支撑的辅助决策流程。

(1) 基础数据层。接收自然环境(如大气环境、水环境、海洋环境等)各类观探测数据和数值产品;在对基础观探测数据进行全面分析的基础上,形成气象水文态势、智能网格预报和灾害预警等业务产品;在对海量数据开展深度挖掘和分析的基础上,结合具体任务,形成环境分析、风险评估和预估、行动窗口建议等保障产品并向决策者推送。

(2) 网络连接层。将各类气象水文基础数据以卫星广播、业务专线、卫星通信等方式,通过单向网络传输设备和安防策略汇集到中等密级气象水文大数据中心;气象水文大数据中心以分布式文件系统、数据仓库和数据接口,支撑气象水文业务融合应用系统(包括智能网格、气候分析、水文预报、检验评估等业务分系统);气象水文大数据中心以无物理连接的跨网单向传输手段,将决策关键数据推送至高密级的决策网,通过气象水文辅助决策系统、气象水文信息服务网站、决策信息系统气象水文专业模块等开展辅助决策支撑,决策者可以通过上述系统查看各类数据产品。

(3) 服务应用层。专业支撑人员依托气象水文大数据中心和业务融合应用系统开展分析预报,形成的数据产品以信息流的形式推送给辅助决策人员;辅助决策人员依托决策信息系统、服务网站等平台,分析整编关键信息需求,最终形成关键信息服务产品,以关键信息流的形式向决策者推送。

各层之间的关系是相辅相成的。通过气象水文辅助决策服务架构设计,基本理清了大数据背景下基于关键信息流的气象水文辅助决策的数据流转、网系架构、业务系统和保障关系,能够为下一步开展气象水文保障能力建设提供依据。

### 4.2 关键技术

#### (1) 基于混合网络的数据传输

数据跨网传输是信息服务框架的网络数据基础,核心需要解决的是网络隔离和与信息单向导入的问题。气象水文大数据中心需要引接来自不同网系的专业数据,利用具有信息安全权威认证部门认证的单向安全隔离设备(单向网闸),能够在受控的情况下接收外部信息服务。针对各类数据类型、时频和获取方式差异问题,利用任务调度功能,确保各类气象水文信息实时、准确、稳定到达数据平台。

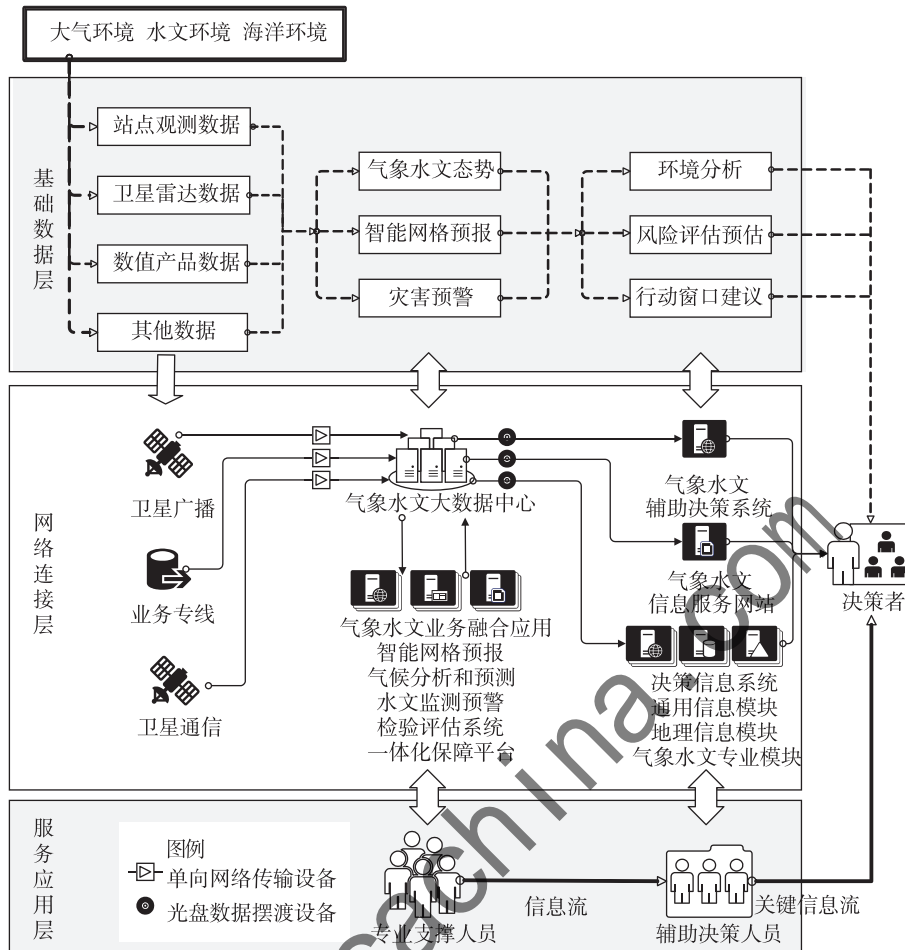


图1 气象水文辅助决策服务架构

### (2) 非结构化数据存储查询

气象水文数据往往与时空维度高度相关,从数据量来看其中绝大部分为非结构化的网格数据,面对大批量、长时间序列的检索查询时效率不高。针对多文件单点插值长时间序列提取的典型应用场景,通过分布式 NoSQL (非结构化数据库) 的设计应用,实现对格点数据的精准定位和时间相结合查询应用。

### (3) 高分辨率网格数据快速共享服务

气象水文量化信息服务都依托于高时空分辨率网格数据,为了提高精细网格数据的共享服务效率,特别是在各类地理信息系统的数据底板上可视化效率,采用空间金字塔分级索引和空间范围约束相结合方式实现网格数据快速抽取服务,结合实时缓存技术,规避重复范围和层级的请求,可以向各类数据查询和可视化需求提供高效率服务。

### 4.3 初步实践探索

气象水文辅助决策服务架构涵盖了信息硬件基础、数据网络和服务保障等多个方面,需开展长期规划、阶

段建设和迭代升级。目前,基于混合网络的区域级气象水文大数据平台已经取得了初步成果,已实时接入省级气象部门、水利部门等,并从第三方导入了历史观测数据,实现了实时、历史数据统一存储,实时数据查询检索效率均在 1 s 以内,历史数据检索效率 3 ~ 5 s。该平台能够成为气象水文辅助决策服务架构的核心支撑。

### 5 结论

本文针对大数据背景下的气象水文辅助决策问题展开了探讨,提出以基于跨网系传输的关键信息流支撑指挥员关键信息需求,以提高气象水文辅助决策的质量和效率,并且结合实际情况开展了气象水文辅助决策服务架构的初步设计,为下步开展气象水文保障能力建设提供了依据。

气象水文决策的内容和特点决定了需要充分利用大数据技术开展深度挖掘和分析,同时研究如何提高辅助决策信息服务的效率,这也是在大数据背景下辅助决策面临的共性问题。决策者关键信息需求是当前相关领域研究的热点,通过关键信息需求的提出和各辅助决策要

素的响应,决策者能够快速全面地掌握态势,科学有效地定下指挥决心。但由于气象水文信息网络的特殊性,常常面临信息流动受限于较低的传输效率问题,从物理位置、查询传输和业务模式等方面进行优化改进,设计科学有效的气象水文辅助决策服务架构,提供气象水文辅助决策的质效。

#### 参考文献

[1] MANYIKA J, CHUI M, BROWN B, et al. Big data: the next frontier for innovation, competition, and productivity [R]. McKinsey Global Institute, 2011.

[2] 秦运龙,王迎迎,张冰松,等.省级外网气象大数据服务平台研究与实现[J].气象科技,2020,48(6):823-828,854.

[3] 雷鸣,赵玉娟,姜罕盛,等.基于分布式技术的气象系统数据服务平台构建[J].计算机与现代化,2020,303(11):56-59.

[4] 雷鸣.气象大数据分布式存储设计与实现[J].计算机技术与发展,2021,31(5):193-197.

[5] 胡志强,罗荣.基于大数据分析的作战智能决策支持系统构建[J].指挥信息系统与技术,2021,12(1):27-33.

[6] 戴换策,李正军,王勇斌.提升大数据驱动下指挥决策效能的途径[C]//第十届中国指挥控制大会论文集(上册),2022:3.

[7] 李晓莉,陈潇楠,苏喜生,等.大数据在我军后勤保障中的应用[J].军事交通学报,2022,1(4):50-53.

[8] 朱华巍.基于指挥员关键信息需求的系统能力构建方法[J].指挥信息系统与技术,2022,13(2):37-40.

[9] 唐万年,谢在永.高技术局部战争气象保障概论[J].气象,2000(3):65.

[10] 陈宏戈.现代战争气象保障的新课题[J].现代教育科学,2010(S1):168.

[11] 杨和平,张强,罗兵,等.气象综合指挥平台建设与应用[J].应用气象学报,2023,34(1):117-128.

[12] 徐涛,温鸿鹏,杨红.气象大数据在指挥信息系统中的应用研究[C]//第十一届中国指挥控制大会论文集,2023:4.

[13] 王世伟,惠志斌.信息安全辞典[M].上海:上海辞书出版社,2013.

(收稿日期:2024-08-31)

#### 作者简介:

程煜峰(1986-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:气象水文保障、气象水文大数据。

木子尧(1995-),男,硕士,助理工程师,主要研究方向:深度学习应用。

马申佳(1994-),男,硕士,工程师,主要研究方向:气象水文预报。

(上接第49页)

[9] 刘德胜.基于复杂网络分析方法的作战体系评估研究综述[J].军事运筹与系统工程,2020,34(3):66-73.

[10] 徐强,金振中,杨继坤,等.基于Fuzzy-AHP的武器装备作战试验鉴定指标体系评估[J].火力指挥与控制,2021,46(7):175-180.

[11] 王彪,赵建新,陈兵,等.基于改进AHP的无人机作战能力量化研究[J].火力指挥与控制,2021,46(6):115-120.

[12] 邱伟,张增磊,田文祥,等.基于层次分析法和模糊综合评判的装备保障人员能力评估[J].兵器装备工程学报,2018,39(4):108-113.

[13] 吴春林,郭三学.基于模糊综合层次分析法的反恐装备体系作战效能评估[J].装备环境工程,2018,15(11):129-133.

[14] 牛美霞,陈婷婷.基于模糊综合评判的武警反恐作战力量评估[J].火力指挥与控制,2021,46(11):140-143.

[15] 于涛.武警部队基层警官岗位培训绩效评估体系研究[D].长春:吉林大学,2012.

(收稿日期:2024-07-05)

#### 作者简介:

黄杰(1989-),通信作者,男,博士,讲师,主要研究方向:人工智能应用、数据应用。

袁俊(1988-),男,本科,助理工程师,主要研究方向:数据保障。

崔翊龙(1973-),男,硕士,教授,博士生导师,主要研究方向:武警信息化、信息工程、数据与人工智能。

# 版权声明

凡《网络安全与数据治理》录用的文章，如作者没有关于汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权等版权的特殊声明，即视作该文章署名作者同意将该文章的汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权授予本刊，本刊有权授权本刊合作数据库、合作媒体等合作伙伴使用。同时，本刊支付的稿酬已包含上述使用的费用，特此声明。

《网络安全与数据治理》编辑部

www.pcachina.com