

基于信息融合的水质自动监测系统体系结构

徐立中¹,林志贵²,黄凤辰¹,王慧斌¹

(1.河海大学计算机及信息工程学院,江苏 南京 210098;2.河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 结合我国水质自动监测系统建设的实际情况,从充分挖掘监测信息内涵入手,引入信息融合技术,讨论和分析了系统的信息采集、传递和加工处理的过程,定义了各个子系统的边界,在基于将“物理构成”和“逻辑构成”分开的原则下,建立了水质自动监测系统的体系结构。

关键词 水质自动监测 3S 技术 信息融合 多传感器系统

中图分类号 TP273 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)06-0694-04

目前,我国水环境污染相当严重,另一方面,在我国西、北方大部分地区水资源匮乏,因此,对水资源、水质进行实时动态监测,近年来越来越受到重视。区域或流域的大范围水质自动监测系统是以计算机通信网络、数据库为基础,采用先进的水质水量实时监测设备,结合 3S(RS, GPS, GIS)技术,实现水质要素的实时、多维、多源、高效、高精度的在线监测,以及监测信息的处理、存储、分析管理、表达评估和决策支持。

20 世纪 80 年代后期在国外,20 世纪 90 年代初期在国内,水质自动监测系统的研发逐渐受到重视。目前,国外的地面水质自动监测系统,着眼点放在对已建系统更加有效的管理以及通过提高采样频率、改进化学分析方法来提高水质监测精度^[1,2]。国内大多已经建好的或者正在建设的地面水质自动监测系统,更多的注意点是放在监测系统的硬件建设以及软件功能的实现上^[3,4]。

在水质遥感监测方面,地面数据与遥感图像的分析判读不融合,主要是对遥感图像信息本身进行处理,所进行的融合处理是像素级的,它利用高空间分辨率全色图像和低光谱分辨率图像,得到高空间分辨率和高光谱分辨率图像,融合多波段和多时段的遥感图像,来提高分类的准确性等^[5,6]。在 RS 与 GIS 之间的信息集成,没有有效地融合地面监测信息。即使考虑到将地面信息作为辅助信息,也是简单地与 GIS 叠加^[7]。

通过对文献分析,目前国内外,基于 3S 的水质自动监测所开展的研究,数据采集与处理的有效性和实时性有待提高。地面与地面传感器之间,空间与地面传感器之间,很少考虑信息的关联性和互补性。国外发达国家是通过构建高密度地面监测网和辅以高分辨率 RS 来实现实时动态监测。国内受经济条件限制,难以构建高密度监测网,因此,开展“地面监测 + RS + GPS + GIS”的多传感器信息互补和信息集成与融合研究十分必要。

1 水质遥感与地面监测信息融合处理系统的边界

1.1 关于信息融合技术

近年来,信息融合技术由军事领域推广到民用领域受到了广泛的关注,在民用领域也形成了研究热潮。信息融合是把分布在不同位置的多个同类或异类传感器所提供的局部不完整观察量加以综合,消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾,加以互补,降低其不确定性,以形成对系统环境相对完整一致的感知描述,从而提高智能系统决策、规划、反应的快速性和正确性。这里传感器这个术语是广义的,人工记录的信息也可看成是传感器数据源。

对于水质监测信息的采集与处理,引入多传感器信息融合技术,实现地面与地面传感器之间,空间与地面传感器之间的时间、空间上监测信息的互补,以解决低密度、低分辨率监测网的信息不足和缺损。

1.2 系统的边界

对于“地面监测系统 + RS + GPS + GIS”这样的复杂系统,从各种信息源获得数据。传感器系统,水信息管

理系统,表达、评估和辅助决策支持系统与信息融合系统之间没有明确的边界,它们互相之间存在着耦合和反馈.为了研究的清晰和界定研究的范围,有必要将各个子系统之间的边界进行科学地划分.本文提出将水质自动监测系统划分两个层次(如图 1 所示),即:(a)第一个划分 水质信息采集、融合处理层次;(b)第二个划分 水质信息的管理、表达、状态评估、辅助决策支持层次.

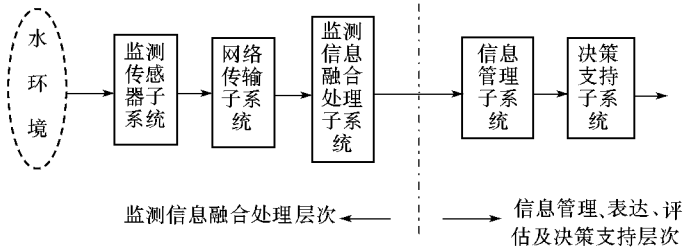


图 1 水质自动监测系统的划分

Fig.1 Division of automatic water quality monitoring system

第二个划分是建立在第一个划分的基础上的.第一划分实现监测数据的采集和融合处理,为第二划分提供全面、实时、准确的信息.

在第一划分层次上提出的研究思路是 将系统看成是对按时序获得的若干空中和地面多类别、同(或异)质传感器观测的信息,在一定准则下加以自动分析、综合,以完成为第二层次提供全面、实时、准确的信息而进行的信息处理系统.按照这一思路,同、异质多传感器(包括广义的传感器)及广域网络环境系统是信息融合的硬件基础,多源信息是信息融合的加工对象,协调和综合处理是信息融合的核心.

为此,各个子系统的边界,如图 2 所示.图 2 中信息融合仅与传感器监测、网络传输、水质信息管理之间存在着耦合和反馈.辅助决策支持的信息则来自于水质信息管理、水质信息表达及状态评估.辅助决策支持与传感器监测之间则不考虑耦合.

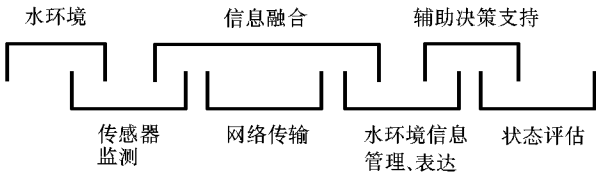


图 2 各个子系统的边界

Fig.2 Boundary of each sub-system

实现水质信息管理和信息表达是水质自动监测系统的基本目的,其次是水质状态评估.辅助决策支持是自动监测系统的最高目的.

2 信息融合系统的层次结构

将信息融合系统设计为分布式结构和集中式结构相结合的混合式结构.整个系统由一个全局融合中心和若干融合分中心两级组成,全局融合中心主要将各融合分中心融合后的数据与来自于外部的其它相关信息相融合,呈分布分级式融合结构.而融合分中心则采用集中式的融合结构.

在各个融合分中心和全局融合中心中,对信息的融合处理都是分级分层次处理的,其层次结构及信息处理的过程见图 3.考虑到融合中心的计算能力、融合中心之间的通信带宽以及资金能力等因素,分中心可能更多地设计处理数据层和特征层的信息,而全局融合中心更多地设计处理特征层和决策层的信息.

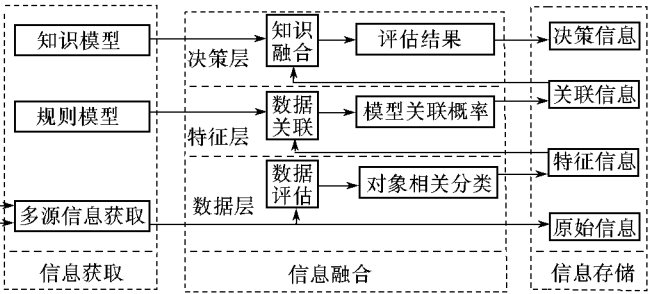


图 3 信息融合处理的基本过程

Fig.3 Primary process of information fusion

3 水质自动监测系统的体系结构

依照‘物理构成’和‘逻辑构成’分开的原则，提出了下述基于信息融合的水质自动监测系统的‘逻辑构成’体系结构，它是对系统的逻辑结构的描述，即着重从系统所完成的任务上描述系统的构成^[8]。

系统的体系结构从底向上分为 7 个功能层，如图 4 所示。各层功能分述如下。

流域或区域的水环境、水质层，这是系统的最底层。它包括区域内影响水质水量的地形地貌、植被、气候、供需水条件及污染源排放等情况。

多传感器采集层，是系统的基础功能层，通过各种地面水质水量传感器、人工观测数据录入、RS 及接收设备、带有 GPS 的移动监测设备等建立所属监测站范围内的监测数据文件、传感器及监测站特征参数数据文件等。也包括在全局中心站接收以联机方式送来的水情电报、其他信息中心的气象、水文信息等。对于水质监测数据应按照国家行业标准(SL219-98 水环境监测规范)进行计量认证。

计算机网络通信传输层，也是系统的基础功能层，它包括 4 个方面：(a)支持各种 WAN 连接及交换；(b)支持监测站与传感器之间的信息采集；(c)支持监测站与分中心或全局中心站的遥测信息传输；(d)支持分中心、全局中心站内 LAN。

信息融合层，融合处理系统从各种信息源获得数据，其功能由全局融合中心站的计算机系统(即用以完成融合处理任务的应用软件和支持它运行的软硬件的总称)完成，或由全局融合中心、各个分中心以多 Agent 的方式完成。

信息存储、信息管理层，包括水质数据库和水环境管理信息系统。水质数据库又包括区域自然、水质水量、法规标准数据等属性数据库和水系图、行政区图、污染源分布图等图形数据库。水环境管理信息系统完成水环境信息的表达、维护、管理及分析。在这一层次中，GIS 是支持空间化监测信息的综合加工和信息的形象化表达的有力工具。

水环境、水质状态评估层，对水环境、水质做出评价、预报及状态评估。

辅助决策支持层，实现辅助决策支持功能是自动监测系统的最高目的，它建立在水质信息存储、管理层和状态评估层之上。

多传感器管理层也是信息融合系统中的重要组成部分，特别是大范围水质自动监测这样的多传感器信息融合系统。多传感器管理包括优化分配有限的传感器资源、协调传感器数据采集、在线确定传感器的工作方式和参数、甚至还包括远程在线工作组态和维护等，它是优化和提高系统功能与性能的技术手段之一。通过多传感器管理及协调控制策略，使系统的功能和性能得到优化和提高。近几年来，多传感器管理首先在军事领域发展起来的，目前在工业领域，如基于控制网络的可重配置传感器(Reconfigurable Sensor)、Intranet 网络环境下的现场智能设备实时在线工作组态和维护等，也得到了初步应用。

系统管理层跨越第 2 至第 7 层，除技术管理外也包括行政管理。系统体系结构中的每一个层次的各种功能，并非每一个‘物理的’系统都必须具备。此外，各层中每一项功能的强弱也有很大范围，这些差异正好说明了系统功能的综合化程度。

4 结 束 语

本文讨论和分析了水质自动监测系统的信息采集、传递和加工处理的过程，及各个子系统的边界关系，并提出信息融合系统的层次结构以及分布分级式融合结构。在基于将‘物理构成’和‘逻辑构成’分开的原则下，建立了基于信息融合的水质自动监测系统体系结构。这种‘逻辑构成’的体系结构有利于系统在遵从统一的体系结构前提下，采用不同的设计方案、技术、系统集成等物理实现方法，即系统中的软硬件设备的‘物理构成’可以不同。以求体系结构之同，而存软硬件技术之异，有利于水质自动监测系统建设的开放性和规范化。

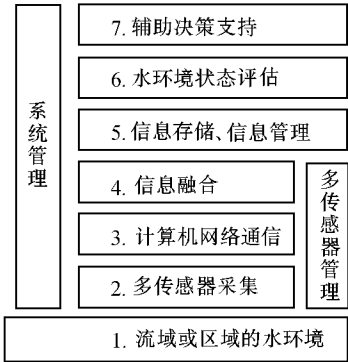


图 4 系统的体系结构
Fig.4 System architecture

参考文献：

[1] CAMPOLO Marina,ANDREUSSI Paolo, SOLDATI Alfredo. Water quality control in the river Arno[J]. Water Research, 2002,(36) : 2673—2680.

[2] DANIEL L T,HANK N M. Spatial and temporal hydrodynamic and water quality modeling analysis of a large reservoir on the South Carolina(USA) coastal plain[J]. Ecological Modelling, 1999,114 :137—173.

[3] 张小平. GSM 污染源自动连续监控系统的设计及实现[J]. 计算机应用研究,2003,20(2) :158—160.

[4] 禹雪中. 水环境功能区管理信息系统研究与开发[J]. 环境科学研究,2000,(6) :49—51,59.

[5] SOPHIE Fabre,XAVIER Briottet,ALAIN Appriou. Impact of contextual information integration on pixel fusion[J]. IEEE Trans Geosci Remote Sensing,2001,40(9) :1997—2010.

[6] POHL C, VAN GENDEREN J L. Multisensor image fusion in remote sensing : concepts,methods and applications[J]. Int J Remote Sensing,1998,19(5) :823—854.

[7] GAO J. Integration of GPS with remote sensing and GIS : reality and prospect[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,2002, 68(5) :447—453.

[8] 徐立中. 水文自动测报系统的体系结构[J]. 河海大学学报(自然科学版),1998,(4) :21—23.

Information fusion-based automatic water quality monitoring system

XU Li-zhong¹, LIN Zhi-gui², HUANG Feng-chen¹, WANG Hui-bin¹

(1. College of Computer and Information Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;

2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract In combination with the reality of construction of the automatic water quality monitoring system in China, a discussion is made on the process of information acquisition, transmission, and processing of the system by full mining of the connotation of monitoring information and introduction of the information fusion technique. The boundary of each subsystem is defined, and a structure for the automatic water quality monitoring system is established based on the principle of separation of physical components from logical components.

Key words automatic water quality monitoring ; 3S technology ; information fusion ; multi-sensor system