

基于综合集成研讨厅的复杂水资源配置系统构建

李建勋¹, 王浩渊², 解建仓¹, 张永进¹

(1. 西安理工大学, 陕西 西安 710048; 2. 无锡市河道堤闸管理处, 江苏 无锡 214023)

摘 要: 针对复杂性的水资源配置问题, 采用综合集成方法, 建立涵盖数据、信息、模型、方法、知识等层面资源的综合集成平台, 将复杂配水模型分解为组件, 采用知识图并加以可视化, 使得水资源配置问题转化为主题图, 形成一个具有个性化、可视化、知识化特征的配水研讨厅, 在研讨信息视图、公共视图、个性视图和历史视图的辅助下, 为复杂配水问题中提供一个定性定量相结合的解决方法。

关键词: 水资源配置; 综合集成; 综合集成研讨厅; 主题图

中图分类号: TV213

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)01-0022-04

Construction of complex water resources allocation system based on HWME

LI Jianxun¹, WANG Haoyuan², XIE Jiancang¹, ZHANG Yongjin¹

(1. Xi'an University of Technology, Shaanxi, Xi'an 710048, China;

2. Wuxi he dao di zha guan li chu, Wuxi 214023, China)

Abstract: Aiming at the complex problem of water resources allocation, the paper adopted the meta-synthesis method and established a platform which contained the resources of data, information, models, methods and knowledge, decomposed the complex water distribution model into components, adopted visualized knowledge map, transformed water resources allocation problems into topic maps; formed a water resources allocation HWME with characteristics of personalization, visualization, knowledge-based. Aided by the discuss information view, public view, personality view and history view, the paper provided a qualitative and quantitative solutions for complex water resource allocation problem.

Key words: water resources allocation; meta-synthesis; HWME; topic map

0 引 言

水资源短缺作为严峻的现实, 已成为制约经济社会可持续发展的“瓶颈”。国际、国内大量研究表明, 解决水资源短缺问题的主要途径和有效措施之一便是合理配置。科学的配置能够对有限的水资源进行统筹安排和高效节制, 协调水资源区域分布与经济社会布局不相适应的关系, 解决各部门和各行业之间的竞争用水问题, 并通过总量控制和定额管理, 促使各部门和各行业内部高效用水、强制节水, 突破经济社会发展水资源短缺瓶颈制约, 保障社会经济、资源、生态环境的协调发展。综合集成方法是钱学森、于景元和戴汝为等提出的一种解决复杂巨系统(Open Complex Giant System, OCGS)的定性定量相结合方法^[1], 并逐步发展为综合集成研讨厅(Hall for Workshop of Metasynthetic Engineering,

HWME), 而 HWME 则是将专家体系、信息资料、计算机技术这三者结合起来而构成的一个综合集成方法论的实践平台^[2], 它把复杂决策问题的求解映射到专家群体的知识结构上, 通过专家个体知识的线性化使得整个复杂问题的知识结构逐渐清晰。在 HWME 中, 决策问题的分解过程不但具有工作流的流程特性而且具有知识流的特性, 使得多领域专家可共同参与^[3], 并在由专家体系、知识体系、机器体系形成的虚拟工作空间中^[4], 进行高效的知识共享、交流、集成和管理, 最终形成高质量的决策方案。

为了进一步提高水资源配置的合理性, 本文在分析水资源系统复杂性的基础上, 采用综合集成方法给出了一个复杂水资源配置系统平台, 在组件化思想和流程化思想的支撑下, 以主题图作为复杂配水方案形成的研讨焦点, 通过研讨信息视图、公共视图、个性视图和历史视图, 为定性定量相结合的复杂

收稿日期: 2011-10-19

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)(2006AA01A126); 国家自然科学基金资助项目(50979088、51109177); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(10XJCZH002); 陕西省社会科学基金项目(11D041)。

作者简介: 李建勋(1977-), 男, 陕西乾县人, 博士生, 讲师, 研究方向: 决策支持系统、水利信息化、中间件。

通讯作者: 解建仓(1963-), 男, 陕西西安人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为决策支持系统, GIS, 水利信息化。

配水问题中提供了一个可行方案。

1 水资源配置的综合集成方法

1.1 水资源配置问题的复杂性分析

区域水资源系统由供水、需水、中介三部分组成。供水部分的核心是水源,如河流、渠道、水库和地下水含水层;需水部分包括灌区用水、居民用水、工业用水、生态用水等,另外还包含城市及河道内需水如水力发电、航运、娱乐和环境;中介部分则主要是污水处理厂等水资源重复利用和循环使用设备。其中,供水部分是输入、需水部分是输出,而中介部分则承担部分可优化条件,系统的边界则为流域机构(行政区划)以及该范围内地貌、河系、地质等所构成天然系统,通过这个边界的质量和能量交换决定了流域的水文特征。

在这个系统中,充满着不确定性因素和状态变化:水量受到气候、降水、土壤、生物和人类活动影响,表现为一种伪随机特征;工业、农业、生活用水量变化多端,大气水、地表水、土壤水、地下水转换关系复杂^[5];流域的状态同时受到自然物理过程、人造水利工程和行政管理政策的影响。可见,水资源系统实际上是由自然系统和人工系统有机结合而成的复杂系统,特别是随着社会经济的发展,区域水资源配置问题规模越来越大、结构越来越复杂、规划时段越来越多变、涉及决策者越来越多,从而形成了具备高维和非线性特征的复杂大系统,为合理的水资源配置方案的建立带来了诸多困难。这就需要采用高效的综合分析工具,以可持续发展为指导,考虑社会、经济、生态环境效益等的多目标,建立包含水文、生产、生活、生态环境和制度在内的整体模型,研究需水部门间的用水竞争关系,搭建一个具有综合集成研讨能力的水资源配置系统,通过多元信息融合、主题知识服务、个性化应用,集成研讨的模式来支持和优化配置决策服务。

1.2 基于综合集成的水资源配置

水资源合理配置模型具有多个目标,其求解最终需要通过模型和专家决策者的交互研讨才能够完成,为此我们提出基于综合集成的水资源配置思想,以 HWME 中的综合集成服务平台为支撑,如图 1 所示,从系统模型的开发构建、配置规划模型的表现方法等方面研究动态水资源配置管理。建立平台支撑层,提供高性能计算力和良好通信交互环境;搭建由现场库、模型库、知识库、专家库和反馈库组成的和泛化数据层,全面存储和管理配水问题所需要信息、

模型、方案以及评价结果;对流域特征属性数据、非结构化数据、行业标准数据,采用数据融合方法加以集成,而对复杂配水相关的 Web 信息、XML 信息、Report 信息、3S 信息、多媒体信息则采用信息集成方案,进而支撑具有组件服务、流程控制、模板管理等功能的复杂配水方法的建立,在成果综合器的管控下为复杂配水研讨主题图的创作提供平台。研讨主题图的创作以知识图为核心,知识图由具有一定算法功能的复杂配水组件按照模型流程搭建而成,同时关注各种组件自身的特点、行为特征、相互作用对复杂系统演化的巨大影响,用动态演化的观点研究水资源合理配置的规律,进而在知识模板和可视化模式的辅助下,创建复杂配水关联和方案资源,为复杂配水方案的建立提供灵活的自主制作环境,开展个性化管理和知识共享管理,通过人机交互机制提供信息视图、公共视图、个性视图、历史视图四种模式的复杂配水研讨服务。

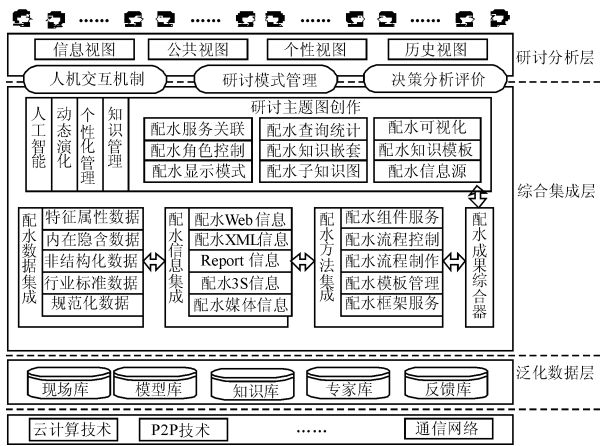


图 1 配水综合集成研讨厅体系结构

利用粒度控制和知识管理,深化整体统摄局部、局部支撑整体、局部行为又受到整体的约束和支配的宏微观结合配置思路,通过灵活的复杂配水组件服务建立水资源系统中局部与局部之间以及局部与整体之间的有效联系机制,采用知识图嵌套的方法,对水资源系统的层次结构、因素图元、以及同一层次内组件的作用机制和不同层次间元素的作用机制等开展系统分析,全面分析研究各种局部变化对整体的影响。在水资源配置规划服务综合集成过程中,采用主题图作为专家群体进行显性与隐性知识表达、共享、传递的统一方式,支持群体思维的发散、收敛过程(思维以可修改、可扩充、可视化的知识图方式存储),实现由定性信息到定量数据的转变,使得模型方法与复杂水资源配置规划的具体业务相适应,通过业务组件、知识(图)库,针对服务主题,在平台上方便、灵活

的组织应用,实施可视化知识服务和个性化应用,最终在复杂配水知识与信息之间建立有效连接,形成信息与知识有机融合的服务体系,通过决策知识集成与评价给出合理的复杂配水方案。

2 区域复杂配水的主题研讨方法

2.1 主题图构建

在水资源配置应用中所有的复杂配水知识、决策方案都表现为主题图,系统通过主题图支持专家与专家、专家与计算机之间的知识、信息的交流^[6]。主题图由知识图构成,知识图是在配水信息资源、算法组件、建模流程支撑下形成的可视化的信息流图,可以进行共享、完善,还可以进行嵌套以深度描述复杂配水过程,其在组织描述关于复杂问题的知识上具有较大优势,有较强的实时性、交互性和扩展性,是一种渐增长、增量式的知识可视化工具,可以作为专家研讨的知识载体。知识图通过概念、联系以结构化的方式有效地描述包含在自然语言中的显性知识,使得配水专家可以根据自己需求对关注的“焦点”问题进行个性化信息定制,还可以通过链接来表现自然语言难以表达的配水因果关系等内容。从水资源配置规划的实践来看,知识图可以把水资源配置系统网络图抽象表达^[7]。下面给出知识图的定义:

Knowledge Map::= < Concept", " Contact | Conjunction | Phrase", " Connection", " Controller", " Analyzer > [Link]

Concept::= { < Node | Action | Property | > } ;
Link::= { < Subgraph | Knowledge Map | External Resource > }

External Resource::= { < API | Model Component | Document | Multimedia…… > }

在主题图抽象和可视化表现时,按照水资源系统分析的特点和水资源配置规划模型的要求,在满足数学模型的技术要求且不失实际系统主要特征的前提下,将经济、生态环境、水资源系统简化和抽象为节点(点)、计算单元水传输系统(线)、流域单元水传输系统(面)三类元素,增加流域单元、行政区断面、流域单元断面、河流传输系统、流域单元水传输系统等,进一步细化复杂配置过程中的影响因素。并把水库弃水定义为水库下游河道输水,供河流生态环境用水,而计算单元弃水则定义为排水系统,计算单元间无弃水连线,排水系统由经济退水、废污水和回用水退水、计算单元未利用地表径流等组成,分

别建立算法组件,仅在计算单元下游,直接进入河道。与此同时,划分可利用水源和用水户,设置河流渠道系统和控制性节点,建立水源与水源之间的源汇关系、水源与用户之间的供求关系、用户到水源的回归关系,并使用有向图加以形象化表示,形成水资源系统网络图,构建两种平衡分析组件(以节点和计算单元水传输系统为基础进行水资源供需平衡分析,以流域单元水传输系统进行耗水平衡分析)从而直观显示流域经济、生态环境、水资源系统的供用耗排关系,使得配置过程更加直观、清晰、易懂、接近实际状况。

2.2 专家研讨模式

区域水资源配置规划具有很强的信息依赖性,各种预测模型、参数选择等均与具体数据相关,专家需要采用不同的运用方式来从数据中发现规律,挖掘蕴涵的知识主体。因而需要个性化应用定制的支持,以选择合适的信息资源和运用方式,实现复杂配水决策服务。为此我们提出以主题图为研讨中心的复杂配水决策思想,如图2所示,把应用主题知识图化,运用链接的方式将这些知识与概念、联系等要素联系在一起,按照从数据到信息、从信息到知识、从知识到智慧的方向,在开发信息处理组件库的同时把数据、信息及知识可视化,在综合集成环境下提供配水信息服务、配水知识服务、配水决策服务,与水资源配置规划具体业务适应,表达专家个人的思想和知识经验,形成专家个人或专家群体共识的决策方案。并基于 P2P 技术提供分布式的专家研讨环境,获取专家在用户终端上发表见解,嵌入模糊决策、人工智能的理论方法等,对参加研讨的局中人的决策后果进行评价或判断,汇总专家意见,在综合集成平台上快速集成和组建水资源配置规划的不同应用,生成一个自主式的、人机交互的复杂水资源配置系统。

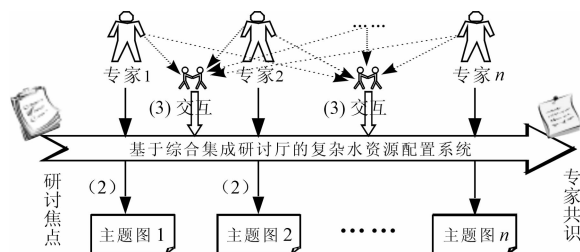


图2 主题图研讨模式

在复杂配水方案形成时,根据区域人口、资源、环境与经济发展的基本关系,采用全局性组件,统筹区域水量和水质的供需分析,将流域水循环和水资

源利用的供、用、耗、排水过程紧密联系,按照公平、高效和可持续利用的原则,通过经济、技术和生态环境分析论证与比选,确定合理配置方案。在复杂配水研讨主题图中,充分反映水资源系统的多水平、多层次、多地区、多用户、多水源、多工程的特性,引进市场体制和水权动态交易,对初始配置方案进行修正,实现区域水资源的二次分配(市场配置),将多种水源进行时空调控,实现动态配置和模拟,详细提供以年(或月)为时间尺度、以计算单元为空间尺度、以供水工程和用水户为分析对象的水资源配置成果,并进行动态调节,最终根据水资源条件和配置结果,提出对水资源工程布置、调整经济布局和产业结构的建议,给出水资源调配体系的总体格局。

2.3 复杂配水研讨视图

主题图为专家群体围绕着某一区域水资源配置的复杂决策问题的提供研讨环境,该环境记录专家群体开展研讨的过程,配合适当的实证调查(现场数据),经过多次研讨反馈迭代,逐步总结出合理的主题图,进而完成复杂配水知识的分类、复用与集成,提高区域水资源配置规划的科学性。复杂配水研讨模式主要包括四个视图:①信息视图:集成数据、模式、方法等资源,经专家按建模流程制作和控制后转变为知识成果,并利用整个讨论所蕴涵的丰富信息,促进对相关结果的理解与合理使用,为群体研讨形成一个激励群体互动、知识共享与创造的平台,促进合理复杂配水方案的生成。②公共视图:对当前复杂配水议题的全部研讨进行整体分析,随着决策者可视化知识的不断增加,通过研讨演化过程了解群体研讨的演变状况,帮助局外人对关注热点问题,获得复杂配水方案全局概貌。③个性视图:激发知识创造,在主题图上展示复杂关联,通过链接信

息视图提供已有信息及知识,实施专家在线研讨,快速检索与研讨相关的数据资料,获取相关感兴趣的外部信息和知识,采用挖掘手段为用户提供更积极的支持。④历史视图:回顾研讨历史和研讨反馈内容,直接利用已成熟配水方案,帮助专家分析不同阶段或小群体的研讨及其与全局的关系,经过研讨结果聚类 and 评价成员的参与,积累和再分析专家或方案的知识结构,为今后研讨选择合适的研讨人员和配水方案做参考。

3 系统开发与应用

为了验证本文方法的正确性和实用性,采用 J2EE 和 WebService 技术,基于 JGRAPH 可视化平台,面向复杂水资源配置问题,开发了一个具有 58 个复杂配水组件的综合集成研讨平台,并在甘肃省庆阳市水资源配置规划中加以应用。庆阳市水资源数量有限、质量较低、开发利用困难,难以满足产业发展需求,目前已建成的水利工程多以小型工程为主,缺乏大中型骨干工程,难以对水资源进行有效、合理的调配,另外工程老化失修严重,效益得不到充分发挥,难以抵御自然灾害。在研讨主题图的支持下,我们给出了庆阳市经济社会发展的需水预测,满足了区域节水规划、水资源保护规划、水土保持规划的要求,实现了水资源动态合理配置,为当地经济社会发展提供了水资源支撑^[8]。图 3 为整个庆阳市的配水主题图,图 4 则为庆阳市所辖的环县的配水主题图。现有配水方案有效估计了来水、用水量状况,并在严格的是水资源管理的条件下合理规划,综合考虑行政区域、层系关系、流域现状、水利工程等多种复杂因素,提高了水资源的开发利用效率,有效的满足了庆阳市社会经济发展需要。

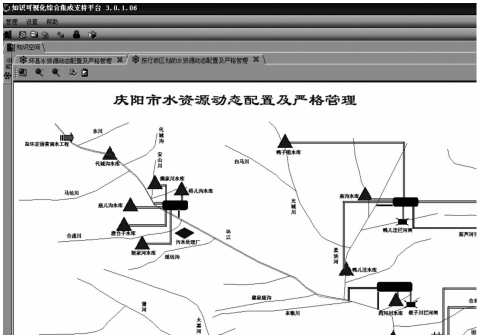


图 3 庆阳市水资源动态配置主题图



图 4 环县水资源动态配置主题图

4 结 语

基于综合集成研讨厅,本文采用业务组件、研讨

主题图、知识可视化、个性化服务,通过主题图和知识的可视化表示促进知识共享和决策方案的形成,

(下转第 29 页)

应顺利进行。出水氨氮浓度最低达到 0.6 mg/L,其平均值为 3 mg/L,满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 中的一级 A 指标要求,可见采用该套工艺对维生素制药废水进行深度处理较为可行。

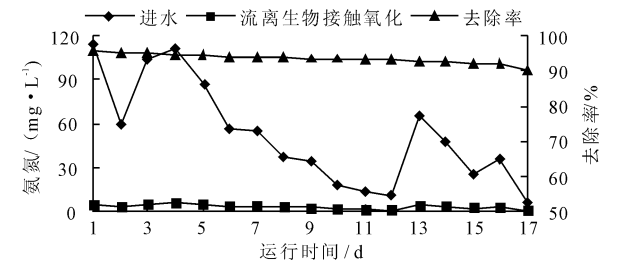


图 6 系统对氨氮去除效果

4 结 语

- (1)采用强化复合曝气水解酸化作为废水预处理池,使 B/C 平均值由 0.33 提高到 0.48,大大改善了废水的可生化性。同时对 COD 的平均去除效率为 27%,使出水浓度在 72 ~ 434 mg/L 之间,消减 COD 浓度并缩小波动幅度。
- (2)采用“强化复合曝气水解酸化→高效厌氧复合反应→流离生物接触氧化”连续工艺深度处理某维生素制药厂产生的废水,试验结果表明,出水 COD 和氨氮的浓度得到有效的控制,平均去除率分别达到 84.28%、93.8%,出水 COD 浓度小于 50 mg/L,氨氮

浓度小于 5 mg/L,达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 中的一级 A 指标。

(3)采用“强化复合曝气水解酸化→高效厌氧复合反应→流离生物接触氧化”连续工艺深度处理维生素制药废水,具有可行性和稳定性。

参考文献:

[1] 李 莹,张宏伟,朱文亭,等. 维生素类制药废水处理工艺[J]. 天津大学学报,2008,2(41):153-156.

[2] 牛 娜,买文宁,沈晓华. IC-SBR 工艺处理维生素制药废水[J]. 水处理技术,2010,8(36):133-135.

[3] 王慧芳,买文宁,梁 允,等. IC 反应器处理维生素制药废水的启动试验研究[J]. 水处理技术,2009,6(35):79-81.

[4] 干建文,沈 斌,范立航,等. 膜生物反应器处理头孢类制药废水中的试验研究[J]. 医药工程设计,2010,1(31):59-61.

[5] 姜安玺,李德强,相会强,等. 水解酸化-生物接触氧化工艺在抗生素废水处理中的应用[J]. 安全与环境学报,2002,2(2):3-6.

[6] 伊农学,胡春风,范彦华. 水解酸化-生物接触氧化工艺在生物制药废水处理工程中的应用[J]. 水资源与水工程学报,2010,21(5):128.

[7] 郎咸明,魏德洲,郭艳红,等. 曝气生物滤池深度处理部分制药废水的研究[J]. 安全与环境学报,2004,4(5):41-43.

[8] 张艳芳,霍莹,张莹,等. 采用氧化-生化法处理制药废水[J]. 工业水处理,2004,24(11):63-65.

(上接第 25 页)

方便、灵活、可扩展的应用配水相关信息资源,为复杂配水问题的解决提供了一个定性定量相结合的专家研讨平台。下一步的工作主要是:①充实业务组件形成组件库,提高系统应对多种类、多模式的水资源配置问题的能力;②构建一个基于 Web 的主题图发布环境,实施主题图的共享,为更全面、更完善的配水方案的形成提供辅助。

参考文献:

[1] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域—开放复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志,1990,13(1):3-10.

[2] 王寿云,于景元,戴汝为,等. 开放的复杂巨系统[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1996.

[3] 宋东明,朱耀琴,吴慧中. 系统集成研讨厅问题求解过程中的问题分解研究[J]. 系统仿真学报,2009,20(9):

4927-4931.

[4] 赵明昌,李耀东. 一个新的综合集成研讨厅软件框架[J]. 计算机工程与应用,2008,44(11):1-4.

[5] 陈南祥,徐建新,黄 强. 水资源系统动力学特征及合理配置的理论与实践[M]. 河南:黄河水利出版社,2007(6):1-76.

[6] 解建仓,罗军刚. 水利信息化综合集成服务平台及应用模式[J]. 水利信息化,2010(4):18-22.

[7] 申 海,解建仓,罗军刚. 基于知识图的水资源配置系统的研究与实现[J]. 水电能源科学,2011,29(5):127-130.

[8] 汪 亮,解建仓,张建龙,等. 基于综合集成服务平台的动态水资源配置规划[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2011,39(S1):170-175.