

流域水文决策支持系统：模型应用与决策过程综述

田恬

吉林工业职业技术学院 制药工程分院 132013

【摘要】本文全面综述了流域水文决策支持系统中模型的应用，深入探讨了这些模型如何辅助决策过程的制定与实施。详细介绍了流域水文决策支持系统的概念、重要性、发展历程，阐述了各种水文模型在该系统中的具体应用，包括降水径流模型、水资源管理模型、水质模型和生态水文模型等。深入分析了模型在决策过程中的关键作用，如提供数据支持、预测未来情景、评估决策方案等。同时，详细阐述了建立流域水文决策支持系统的具体过程和关键技术，对该系统的发展趋势进行了前瞻性展望。

【关键词】流域水文决策；系统；模型；应用

Watershed hydrological decision support system: a review of model application and decision process

Tian Tian

Jilin Industrial Vocational and Technical College Pharmaceutical Engineering Branch 132013

【Abstract】This paper comprehensively reviews the application of models in the watershed hydrological decision support system, and deeply discusses how these models assist the formulation and implementation of the decision-making process. The concept, importance and development process of the watershed hydrological decision support system are introduced in detail, and the specific application of various hydrological models in this system, including precipitation runoff model, water resource management model, water quality model and ecological hydrological model, are expounded. The key role of the model in the decision process is analyzed in depth, such as providing data support, predicting future scenarios, evaluating decision schemes, etc. At the same time, the specific process and key technology of establishing the watershed hydrological decision support system are elaborated in detail, and the development trend of the system is prospective.

【Key words】watershed hydrological decision-making; system; model; application

一、引言

水资源是人类社会生存和发展的重要基础资源，而流域作为水资源的基本单元，其水文过程的科学管理和合理决策至关重要。随着人口增长、经济发展和气候变化等因素的影响，水资源问题日益突出，如水资源短缺、水污染、洪涝灾害等。为了有效地应对这些问题，提高水资源管理的科学性和决策的准确性，流域水文决策支持系统应运而生。

流域水文决策支持系统是一种集成了水文模型、数据库、地理信息系统等技术的决策支持工具，旨在为流域水资源管理、防洪减灾等决策提供科学依据。它通过对流域水文过程的模拟和分析，为决策者提供了丰富的信息和科学的建议，有助于制定合理的水资源管理策略和决策方案。

二、流域水文决策支持系统的概念和重要性

（一）概念

流域水文决策支持系统是一个以计算机为基础的信息系统，它将流域水文模型、数据库、地理信息系统等技术集成在一起，为流域水资源管理、防洪减灾等决策提供科学依据。该系统通常包括数据采集与管理模块、水文模型模块、决策分析模块和用户界面模块等部分。

数据采集与管理模块负责收集和管理流域内的各种水文数据，如降水、蒸发、径流、水质等。水文模型模块利用

这些数据进行水文过程的模拟和预测，如降水径流模型、水资源管理模型、水质模型等。决策分析模块根据水文模型的结果进行决策分析，如评估不同决策方案的效果、预测未来情景等。用户界面模块则为决策者提供了一个直观、友好的操作界面，方便他们查询数据、运行模型和分析结果。

（二）重要性

1. 提高决策的科学性和准确性

流域水文决策支持系统可以利用水文模型对流域水文过程进行模拟和预测，为决策提供科学依据，从而提高决策的科学性和准确性。例如，通过降水径流模型可以预测流域内的洪水发生概率和规模，为防洪决策提供准确的信息；通过水资源管理模型可以评估不同水资源管理方案的效果，为水资源管理决策提供科学的建议。

2. 提高决策的效率

流域水文决策支持系统可以快速处理大量的水文数据和信息，为决策提供及时的支持，从而提高决策的效率。例如，在洪水应急响应中，系统可以快速提供洪水的实时信息和预测结果，帮助决策者及时制定应对措施，减少灾害损失。

3. 促进水资源的可持续利用

流域水文决策支持系统可以帮助决策者制定合理的水资源管理策略，促进水资源的可持续利用。例如，通过水资源管理模型可以分析流域内水资源的供需平衡关系，为水资源的合理分配和利用提供决策支持；通过生态水文模型可以评估水资源开发对生态环境的影响，为生态环境保护和水资源可持续利用提供科学依据。

三、流域水文决策支持系统的发展历程

流域水文决策支持系统的发展历程可以追溯到 20 世纪 60 年代。当时,随着计算机技术的发展,一些简单的水文模型开始被应用于水资源管理和防洪减灾等领域。到了 20 世纪 70 年代和 80 年代,地理信息系统和数据库技术的出现,为流域水文决策支持系统的发展提供了新的机遇。这一时期,一些集成了水文模型、地理信息系统和数据库技术的决策支持系统开始出现,如美国的 HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) 和英国的 ISIS (Integrated System for Inland Surface Waters) 等。

20 世纪 90 年代以来,随着信息技术的飞速发展,流域水文决策支持系统得到了更加广泛的应用和发展。这一时期,人工智能技术、网络技术和可视化技术等被引入到流域水文决策支持系统中,使得系统的功能更加完善、性能更加优越。例如,利用人工智能技术可以提高水文模型的精度和可靠性;利用网络技术可以实现数据的共享和远程访问;利用可视化技术可以将水文数据和模型结果以直观的形式展示给决策者,提高决策的效率和准确性。

四、水文模型在流域水文决策支持系统中的应用

(一) 降水径流模型

1. 概念和原理

降水径流模型是流域水文决策支持系统中最常用的模型之一,它可以模拟流域内降水与径流之间的关系。降水径流模型的原理是基于水文学的基本原理,即水量平衡原理和 水流运动方程。水量平衡原理指出,在一定时间内,流域内的降水量等于径流量、蒸发量和土壤含水量的变化量之和。水流运动方程则描述了水流在流域内的运动过程,包括坡面流、壤中流和地下水流等。

2. 主要类型

降水径流模型主要包括经验模型、概念模型和物理模型等类型。经验模型是基于历史数据建立的统计模型,它通过对降水和径流之间的关系进行回归分析,得到一个经验公式。概念模型是基于水文学的基本概念建立的模型,它将流域划分为若干个水文单元,每个水文单元具有一定的水文特性,如土壤含水量、下渗率等。物理模型是基于水文学的物理原理建立的模型,它通过对水流在流域内的运动过程进行数值模拟,得到降水与径流之间的关系。

(二) 水资源管理模型

1. 概念和原理

水资源管理模型是一种用于模拟流域内水资源供需平衡关系的模型。水资源管理模型的原理是基于水量平衡原理和经济优化原理。水量平衡原理指出,在一定时间内,流域内的水资源供应量等于水资源需求量、蒸发量和渗漏量之和。经济优化原理则是在满足水资源供需平衡的前提下,寻求经济效益最大化的水资源分配方案。

2. 主要类型

水资源管理模型主要包括线性规划模型、动态规划模型

和模拟优化模型等类型。线性规划模型是一种基于线性规划理论建立的模型,它通过对水资源供需平衡关系进行线性规划求解,得到最优的水资源分配方案。动态规划模型是一种基于动态规划理论建立的模型,它通过对水资源供需平衡关系进行动态规划求解,得到最优的水资源分配方案。模拟优化模型是一种将模拟技术和优化技术相结合的模型,它通过对水资源供需平衡关系进行模拟和优化求解,得到最优的水资源分配方案。

(三) 水质模型

1. 概念和原理

水质模型是一种用于模拟流域内水体水质变化过程的模型。水质模型的原理是基于水化学和水动力学的基本原理,即物质守恒原理和 水流运动方程。物质守恒原理指出,在一定时间内,流域内水体中的污染物质量等于污染物的输入量、输出量和反应量之和。水流运动方程则描述了水流在流域内的运动过程,包括流速、流量等。

2. 主要类型

水质模型主要包括确定性模型和随机性模型等类型。确定性模型是一种基于确定性理论建立的模型,它通过对水体中污染物的物理、化学和生物过程进行模拟,得到污染物的浓度变化规律。随机性模型是一种基于随机性理论建立的模型,它通过对水体中污染物的随机过程进行模拟,得到污染物的浓度概率分布。

(四) 生态水文模型

1. 概念和原理

生态水文模型是一种用于模拟流域内生态系统与水文过程之间相互关系的模型。生态水文模型的原理是基于生态水文学的基本原理,即生态系统与水文过程之间的相互作用和反馈机制。生态水文模型通过对生态系统和水文过程的耦合模拟,揭示了生态系统对水文过程的影响以及水文过程对生态系统的反馈作用。

2. 主要类型

生态水文模型主要包括分布式生态水文模型和集总式生态水文模型等类型。分布式生态水文模型是一种将生态系统和水文过程进行分布式模拟的模型,它可以考虑生态系统和水文过程的空间异质性。集总式生态水文模型是一种将生态系统和水文过程进行集总式模拟的模型,它可以简化生态系统和水文过程的复杂性,提高模型的计算效率。

五、模型在决策过程中的作用

(一) 提供数据支持

水文模型可以模拟流域内的水文过程,为决策提供数据支持。例如,降水径流模型可以提供流域内的降水和径流数据,水资源管理模型可以提供流域内的水资源供需数据,水质模型可以提供流域内的水体水质数据,生态水文模型可以提供流域内的生态系统和水文过程数据等。这些数据可以帮助决策者了解流域内的水文状况和水资源状况,为决策提供科学依据。

(二) 预测未来情景

水文模型可以预测流域内未来的水文情景,为决策提供

参考。例如,降水径流模型可以预测未来的降水和径流情况,水资源管理模型可以预测未来的水资源供需情况,水质模型可以预测未来的水体水质情况,生态水文模型可以预测未来的生态系统和水文过程情况等。这些预测结果可以帮助决策者提前制定应对措施,减少灾害损失和环境影响。

(三) 评估决策方案

水文模型可以评估不同决策方案的效果,为决策提供依据。例如,水资源管理模型可以评估不同水资源管理方案的效果,水质模型可以评估不同水污染防治方案的效果,生态水文模型可以评估不同生态保护方案的效果等。这些评估结果可以帮助决策者选择最优的决策方案,提高决策的科学性和准确性。

六、流域水文决策支持系统的发展趋势

(一) 智能化

随着人工智能技术的不断发展,流域水文决策支持系统将越来越智能化。例如,利用机器学习算法对水文数据进行分析 and 预测,提高模型的精度和可靠性;利用专家系统为决策者提供智能化的决策支持。

(二) 集成化

流域水文决策支持系统将越来越集成化,将水文模型、数据库、地理信息系统等技术集成在一起,形成一个完整的决策支持系统。同时,还将与其他领域的决策支持系统集成,如气象决策支持系统、环境决策支持系统等。

(三) 可视化

流域水文决策支持系统将越来越可视化,利用地理信息系统和虚拟现实技术等,将水文数据和模型结果以直观的形式展示给决策者,提高决策的效率和准确性。例如,利用三维可视化技术可以展示流域的地形地貌和水文过程;利用虚拟现实技术可以让决策者身临其境感受洪水等灾害的影响。

(四) 实时化

流域水文决策支持系统将越来越实时化,能够实时采集和处理水文数据,实时运行水文模型,为决策者提供实时的决策支持。例如,利用传感器网络可以实时采集流域内的水文数据;利用云计算技术可以实现水文模型的实时运行。

(五) 协同化

流域水文决策支持系统将越来越协同化,能够实现不同部门和机构之间的协同决策。例如,利用网络技术可以实现不同部门和机构之间的数据共享和协同决策;利用决策支持平台可以实现不同决策者之间的协同决策。

结论

流域水文决策支持系统是一种重要的决策支持工具,它可以为流域水资源管理、防洪减灾等决策提供科学依据。水文模型在流域水文决策支持系统中起着关键作用,它们可以模拟流域内的水文过程,为决策提供数据支持、预测未来情景和评估决策方案。随着信息技术的不断发展,流域水文决策支持系统将越来越智能化、集成化、可视化、实时化和协同化,为水资源管理和防洪减灾等决策提供更加科学、准确和高效的支持。

参考文献

- [1]郝浩,周煜恒. 数字孪生技术在水文测报决策支持系统中的应用[C]// 河海大学,江苏省水利学会,浙江省水利学会,上海市水利学会. 2024(第十二届)中国水利信息化技术论坛论文集. 黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局;, 2024: 6. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.009333.
- [2]李晓光,郝岩浩. 信息化技术在水文领域的运用探索[C]// 河海大学,武汉大学,长江水利委员会网络与信息中心,湖北省水利水电科学研究院. 2023(第十一届)中国水利信息化技术论坛论文集. 黄河水利委员会上游水文水资源局;, 2023: 7. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.024239.
- [3]毛子首,刘洋,严一晨,等. 宁波城市水文社会化服务体系构建[J]. 水利技术监督, 2022, (09): 85-88.
- [4]宋天媛. 葡萄园灌溉施肥决策支持系统开发[D]. 西北农林科技大学, 2022. DOI: 10.27409/d.cnki.gxbnu.2022.000487.
- [5]刘畅. 大连市中心城区内涝决策支持系统研究[D]. 大连理工大学, 2022. DOI: 10.26991/d.cnki.gdlu.2022.000879.
- [6]舒凯,赖广洪,冯永修,等. 新一代水电厂群防汛调度决策支持系统关键技术研究及应用[J]. 科技风, 2022, (07): 1-3. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202207001.
- [7]宋健蛟,李传旗,梁吉欣,等. 防汛抗旱决策支持系统框架设计及应用[J]. 四川水利, 2022, 43(01): 162-165.
- [8]魏永强,黄草,张移郁,等. 中小流域水库群智能调度与决策支持系统设计及开发[J]. 中国防汛抗旱, 2021, 31(10): 61-66. DOI: 10.16867/j.issn.1673-9264.2021085.
- [9]钱丽丽. GIS在水文水资源领域中的应用研究[J]. 新农业, 2021, (15): 69-70.
- [10]黄艳,李昌文,李安强,等. 变化环境下流域超标洪水综合应对研究[J]. 人民长江, 2021, 52(04): 12-21. DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2021.04.003.
- [11]马骥. 水资源量可再生性的量化方法研究[J]. 科技创新与应用, 2020, (15): 115-116.

作者简介: 田恬, 1990.3, 女, 汉, 吉林省吉林市, 助教, 硕士研究生, 研究方向: 流域水循环与水环境。

课题: 未来气候对松花江流域上游区径流变化影响研究, 吉林工业职业技术学院科学研究项目 项目编号: 23KY04KJY。