

# 水文水资源规划中的不确定性分析与决策支持

吴晓文

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830063

**摘要:** 水资源规划在水资源管理体系中起着导向与约束的作用,对指导区域水资源开发利用、节约保护和科学管理工作具有战略意义。然而,规划过程中的不确定性因素给水资源规划的实施带来了挑战。本文旨在探讨水文水资源规划中的不确定性分析与决策支持,以期水资源规划提供科学依据。

**关键词:** 水文水资源; 施工控制; 资源规划

## 引言

水是人类社会不可或缺的重要资源。然而,随着人口的增长、经济的发展以及环境的变化,水资源面临着日益严峻的挑战。科学的水资源管理决策显得尤为重要,它是保障水资源可持续利用、维护生态平衡、促进社会经济稳定发展的关键。在水资源规划中,不确定性因素的存在给决策带来了复杂性。因此,对不确定性进行准确分析和有效处理是水资源规划决策支持的重要内容。

## 1 水文水资源规划中的不确定性分析

### 1.1 不确定性的来源

水文水资源规划中的不确定性是一个多维度、多层次的问题,其来源广泛且复杂,主要可以归结为输入信息的不确定性和模型的不确定性两大方面。(1) 输入信息的不确定性。输入信息的不确定性是水文水资源规划中不可忽视的重要因素。首先,规划目标的设定往往基于对当前和未来区域发展情况的理解和预测。然而,未来是充满变数的,区域的社会经济发展、人口增长、技术进步以及政策调整等都可能对水资源的需求和利用方式产生深远影响。这些不确定性因素使得规划目标在实施过程中可能面临失效的风险。此外,规划所需的基本数据也是不确定性的重要来源。这些数据通常来自对历史资料、现状资料以及未来相关规划与政策的分析。然而,历史资料可能因观测手段、记录方式或数据质量等问题而存在偏差;现状资料可能因调查方法、样本数量或时间代表性等因素而不够准确;未来相关规划与政策则可能因政策调整、经济波动或技术变革而发生变化。这些数据的准确性和完整性直接影响着规划决策的科学性和可靠性。(2) 模型的不确定性。模型的不确定性是水文水资源规划中另一个重要的不确定性来源。水文模型是模拟和预测水文过程的重要工具,但其结构和参数的选择往往存在不确定性。模型的结构误差可能源于

对水文过程的理解不足或简化处理,而参数优选误差则可能源于参数测量、估计或校准的不准确性。此外,水文模型的输入也包含不确定性。除了确定性输入(如地形、土壤类型等)外,还有大量不确定性输入,如定量降水预报。降水是水文过程中的关键要素,但其预测受到多种因素的影响,如气象条件、气候变化、地理位置等,因此存在很大的不确定性。这种不确定性会直接导致水文预报的不确定性,进而影响水资源规划的决策效果<sup>[1]</sup>。

### 1.2 不确定性的分类

在水文水资源规划中,不确定性根据其性质和来源可以细分为多种类型,这些类型的不确定性对规划决策的影响各不相同。(1) 随机不确定性。随机不确定性是水文过程中固有的、无法避免的一种不确定性。它源于水文现象的随机性和统计波动性,如降雨量的年际变化、河流流量的日变化等。这种不确定性是客观的,无法通过增加观测或提高预测技术来完全消除。在水文水资源规划中,随机不确定性要求决策者考虑多种可能的未来情景,并评估这些情景对规划目标的影响,以制定具有弹性的规划方案。(2) 认知不确定性。认知不确定性源于我们对水文过程的理解和认知不足。尽管科学技术在不断进步,但我们对水文循环、水文现象的物理机制以及它们与气候、环境之间的相互作用等方面的理解仍然有限。这种不确定性可能导致模型的结构误差或参数选择的不准确,从而影响规划的准确性和可靠性。为了降低认知不确定性,需要不断加强科学研究,提高对水文过程的理解和认知水平。(3) 数据不确定性。数据不确定性主要源于水文数据的测量错误、时空代表性不足、数据缺失等问题。水文数据的获取受到多种因素的影响,如观测设备的精度、观测站点的分布、观测时间的连续性等。这些因素可能导致数据的不准确或不完整,进而影响规划决策的科学性。为了降低数据不确定性,需要加强水文监测网络建设,提高数据的质量和完

整性, 并采用先进的数据处理和分析技术来纠正和弥补数据的不足。(4) 决策不确定性。决策不确定性源于决策者的主观偏好、利益取舍、风险态度等因素。在水文水资源规划中, 决策者需要根据自身的价值观、经验和判断来做出决策。然而, 不同的决策者可能对同一问题有不同的看法和偏好, 导致决策结果的不确定性。此外, 决策者还需要在多种利益和目标之间进行权衡和取舍, 这也增加了决策的不确定性<sup>[2]</sup>。为了降低决策不确定性, 需要建立科学的决策机制, 明确决策目标和标准, 并充分考虑各方利益和风险因素, 以确保决策的公正性和合理性。

## 2 决策支持系统的构建

### 2.1 决策支持系统的组成

水资源决策支持系统(Water Resources Decision Support System, WRDSS)是一个高度集成、功能强大的交互式信息处理系统, 它充分利用计算机技术和相关软件(如人工智能、专家系统、大数据分析、云计算等)来完成数据的提取、逻辑推理、信息处理和管理控制等核心任务。该系统旨在为水资源决策者提供全面、准确、及时的数据支持和模型应用, 以辅助他们做出科学、合理的决策。WRDSS主要由以下四个关键子系统组成:(1) 数据库系统。作为WRDSS的数据核心, 数据库系统不仅负责数据的存储、维护和备份, 还承担着各模型间的数据交换任务, 确保数据的准确性和一致性。此外, 该系统还具备强大的数据查询、检索和图形表格显示功能, 使得用户能够方便地获取所需数据, 并以直观的方式展示数据结果。数据库系统还支持数据的实时更新和远程访问, 以满足不同用户、不同时间点的数据需求。(2) 模型库系统。模型库系统是WRDSS的核心组成部分, 它包含了各类与水资源相关的数学模型, 如水文模型、水力模型、水质模型、经济模型等。这些模型是决策者进行预测、模拟、优化和决策分析的重要工具。模型库系统不仅提供了模型的存储和管理功能, 还支持模型的快速调用、组合和修改, 以满足不同决策问题的需求。此外, 该系统还具备模型验证和评估功能, 确保模型的有效性和可靠性。(3) 方法库系统。方法库系统为WRDSS提供了丰富的分析方法和工具, 包括预测方法、模拟方法、优化方法、管理方法以及由这些方法组合而成的综合分析功能。这些方法涵盖了水资源管理的各个方面, 如水量平衡分析、水质评价、水资源优化配置、水灾害风险评估等。方法库系统还支持方法的自定义和扩展, 以满足不断变化的决策需求。通过灵活运用这些方法, 决策者可以更加科学地分析水资源问题,

制定有效的解决方案。(4) 用户接口系统。用户接口系统是WRDSS与决策者之间的桥梁, 它负责将系统的功能和数据以友好、直观的方式呈现给决策者。该系统包括计算机显示屏上的窗口、菜单、表格、图形、文字说明以及各类打印机输出文件等, 使得决策者能够方便地与系统进行交互, 获取所需的信息和结果。用户接口系统还支持个性化定制和自适应调整, 以满足不同用户的操作习惯和视觉需求<sup>[3]</sup>。此外, 该系统还具备帮助文档和在线支持功能, 帮助用户快速熟悉系统操作, 解决使用过程中遇到的问题。水资源决策支持系统通过集成数据库系统、模型库系统、方法库系统和用户接口系统四个子系统, 形成了一个完整、高效、易用的决策支持平台。该系统能够为水资源决策者提供全面的数据支持和模型应用, 帮助他们更好地理解 and 解决水资源问题, 制定科学、合理的决策方案。

### 2.2 决策支持系统的功能

水资源决策支持系统(WRDSS)在水资源管理和决策中发挥着至关重要的作用, 其功能全面且深入。首先, 系统能够提供详尽的背景情况, 通过集成和整合来自水文、水利、经济、社会等多个领域的的数据, 为决策者呈现一个全面、清晰的水资源现状图景。这些数据不仅包括水资源的基本分布和储量信息, 还涵盖了水质状况、用水需求、历史变化趋势以及相关政策法规等, 为决策者提供了坚实的信息基础。在明确问题方面, WRDSS通过先进的数据分析和模型模拟技术, 能够深入剖析水资源管理和决策中面临的关键问题。系统能够识别出水资源的供需矛盾、水质污染、生态退化等核心问题, 并揭示其背后的原因、影响范围以及可能的发展趋势, 从而帮助决策者更加准确地把握问题的本质和症结。此外, WRDSS还具备修改完善模型的功能。系统内置了多种水资源相关的数学模型, 如水文模型、水力模型、经济模型等, 这些模型可以根据实际需要进行调整和优化。决策者可以通过修改模型参数、调整模型结构或引入新的模型组件等方式, 使模型更加符合实际情境, 提高预测和模拟的准确性。在列举可行方案方面, WRDSS展现出强大的方案生成能力。系统能够基于现有的数据模型和约束条件, 自动生成多种可能的水资源分配和管理方案。这些方案涵盖了不同的策略组合和政策调整, 为决策者提供了丰富的选择空间。最后, 进行定量分析比较是WRDSS的另一大核心功能。系统能够对各种方案进行详细的量化分析, 包括经济效益、社会效益、环境效益等多个维度。通过对比不同方案的优缺点和潜在风险, 决策者可以更加科学地评估各方案的可行

性和优劣性,从而确定最优的水资源分配方案<sup>[4]</sup>。这一功能不仅提高了决策的科学性和准确性,还大大缩短了决策周期,提升了决策效率。水资源决策支持系统是一个功能强大、灵活易用的信息处理系统,它能够为水资源决策者提供全面的数据支持和模型应用,帮助决策者制定科学、合理的水资源管理决策。

### 3 不确定性分析方法

在水资源决策支持系统中,不确定性分析是至关重要的一环,它有助于决策者理解并量化决策过程中可能遇到的风险和不确定性。以下是几种常用的不确定性分析方法,每种方法都有其独特的优势和应用场景。

#### 3.1 敏感性分析

敏感性分析是一种评估模型输入参数变化对模型输出结果影响的方法。通过系统地改变输入参数的值,并观察这些变化如何传播到模型的输出中,我们可以识别出哪些参数对模型结果具有显著影响。这种分析不仅有助于我们理解模型的动态行为,还能帮助我们确定在决策过程中需要特别关注的参数。敏感性分析的结果可以为模型校准、参数优化以及不确定性量化提供有力支持。具体来说,敏感性分析可以通过计算输入参数与输出变量之间的相关系数、进行单因素或多因素分析、以及利用方差分析等技术来实现。这些方法能够定量地评估参数变化对模型结果的影响程度,从而帮助我们识别出关键参数,并为后续的不确定性分析奠定基础。

#### 3.2 蒙特卡罗模拟

蒙特卡罗模拟是一种基于随机抽样的统计方法,用于评估参数不确定性对模型输出的影响。该方法通过大量随机抽样来模拟不同参数组合的结果,从而生成一个模型输出的概率分布。这个分布可以反映参数不确定性所导致的模型结果的不确定性范围。蒙特卡罗模拟的优势在于它能够处理复杂的非线性模型和多个不确定参数的组合效应。通过反复抽样和模拟,我们可以获得模型输出的统计特性,如均值、方差、置信区间等,这些特性有助于我们更全面地理解模型结果的不确定性。此外,蒙特卡罗模拟还可以用于风险评估、可靠性分析和决策优化等多个领域。

#### 3.3 贝叶斯分析

贝叶斯分析是一种结合先验知识和观测数据来更新参数不确定性分布的方法。在贝叶斯框架中,我们首先将先验知识转化为参数的先验分布,然后通过观测数据来更新这个分布,得到参数的后验分布。这个后验分布反映了在给定观测数据的情况下,参数的不确定性分布。贝叶斯分析的优势在于它能够利用先验知识来校准参数的不确定性分布,从而提高参数估计的合理性和准确性。此外,贝叶斯分析还能够处理复杂的多参数问题,并通过后验分布来量化参数之间的依赖关系和不确定性传递<sup>[5]</sup>。这些方法使得贝叶斯分析在参数估计、模型校准和不确定性量化等方面具有广泛的应用前景。敏感性分析、蒙特卡罗模拟和贝叶斯分析是水资源决策支持系统中常用的不确定性分析方法。这些方法各有优势,可以相互补充,共同为决策者提供全面、准确的不确定性信息,从而帮助他们做出更加科学、合理的决策。

#### 结束语

水文水资源规划中的不确定性分析与决策支持是保障水资源可持续利用的重要手段。通过构建水资源决策支持系统,集成各种数据和方法,对不确定性进行量化分析,可为水资源规划提供科学依据。未来,随着科技的进步和社会的发展,应进一步加强科学研究和技术创新,提高决策的科学性和效率,为水资源管理提供更加可靠的决策支持。

#### 参考文献

- [1]侯国栋.实现水文水资源管理信息共享探析[J].中国资源综合利用,2017,35(08):35-37.
- [2]杨宏宇.浅谈水文与水资源工作面临的挑战[J].科技创新与应用,2017(11):221.
- [3]王仔.水文与水资源的现状及工作措施研究[J].黑龙江科技信息,2017(07):68.
- [4]雷雨春,李庆林.水文与水资源的现状及解决对策[J].黑龙江水利科技,2016,44(02):31-32+105.
- [5]田峰,樊培.增强水文水资源勘测合理开发利用水资源[J].城市建设理论研究(电子版),2017(29):126.