

SZYKGLYGLBQDXFXFFJYY

水资源 可持续利用 管理不确定性 分析方法 及应用

聂相田 邱 林 著
朱普生 谷慧林

黄河水利出版社



· 聂相田、山西省原平县人，1962年生。1999年大连理工大学水文水资源专业博士毕业。现任华北水利水电学院监理中心副主任，副教授。先后发表学术论文20余篇，出版著作2部。



邱 林、四川省内江市人，1960年生。1993年大连理工大学水文水资源专业博士毕业。现任华北水利水电学院科研处处长，副教授，硕士生导师。先后发表学术论文30余篇，出版著作2部。



朱普生，河南省原阳县人，1955年生。大学本科毕业。现任原阳县水利局堤南灌区管理局局长、工程师。先后发表学术论文6篇。1999年被河南省政府授予劳动模范称号。



谷慧林，河北省井陘县人，1956年生。1982年华北水利水电学院农田水利工程专业本科毕业。现任河南黄河河务局水政水资源处处长、高级工程师。

内 容 提 要

本书阐述了水资源可持续利用管理的概念及其内涵,提出了水资源可持续利用管理的原则和主要研究内容。探讨了应用模糊模式识别神经网络模型进行预测方法,并建立了模型学习的最速下降—共轭梯度算法和进化单纯形算法;介绍了灰色系统预报方法;探讨了应用模糊优选神经网络模型进行权重体系与优选结果关系分析的人机对话决策方法和决策优选 Delphi 方法;提出了以“不利结果的剧烈程度及其发生概率”概念为基础的水库洪水位模糊风险分析计算模型;提出了考虑随机因素影响和资金时间价值影响的工程效益计算公式;提出了按行政区划的水资源协调管理递阶结构;建立了以农业为主要用水户的区域水资源可持续利用管理模型;探讨了黄河水资源持续利用的近期、中期及远期的对策思路;最后,以三门峡水库为背景,建立了多泥沙河流水库长期优化调度随机动态规划模型。本书可供从事水资源利用管理、科研和工程技术人员阅读,也可作为相关专业研究生的教学参考书。

前 言

水资源可持续利用管理是当前社会各界普遍关注的新课题。水资源的持续利用,关系到整个人类社会的生存与发展。本书首先阐述了水资源可持续利用的概念及其内涵,论述了“可持续”与“发展”之间的辩证关系,分析了水资源承载力的主、客观统一性及科学技术与管理在水资源利用中的作用。在此基础上,提出了水资源可持续利用管理的原则和主要研究内容。鉴于水资源可持续利用管理研究内容的广泛性和复杂性,针对水资源管理系统普遍存在的随机性和模糊性,在综合国内外水资源管理领域取得的成果和研究现状的基础上,就水资源可持续利用管理中的预测、规划、风险分析、效益计算、方案优选、优化调度等问题开展研究,主要内容如下:

(1)针对水资源管理中水文要素预测的重要性和复杂性,在国内外学者研究成果的基础上,将模糊数学知识表达性好的特点与人工神经网络模型学习能力强的特点结合起来,探讨了应用陈守煜建立的模糊模式识别神经网络预测模型进行预报的方法,建立了模型学习的最速下降—共轭梯度算法和进化单纯形算法,并通过水文中长期预报算例对模型及算法进行了检验,结果表明:模糊模式识别神经网络预测模型是可行的,所提出的最速下降—共轭梯度算法和进化单纯形算法对模型训练是有效的。尤其是在传统单纯形算法基础上提出的进化单纯形算法更具优点:由于其多点并行搜索迭代和单纯形的随机进化生成,在一定程度上克服了神

EA502/11

神经网络模型训练中普遍存在的“局部极小点”问题;在寻优过程中,只根据函数特征值确定下一步迭代方式,不需要计算函数的梯度。该方法对非线性规划的非凸问题求解是一种有益的尝试。

(2)根据水资源系统决策中普遍具有的多目标、模糊性、层次化及方案优选过程的动态性等特点,将模糊数学易于知识表达的特点和人工神经网络模型学习能力强的特点结合起来,探讨了应用陈守煜建立的模糊优选神经网络模型在决策→反馈→再决策的动态过程中,分析权重体系与优选结果关系的人机对话决策方法,给出了应用模型反向确定权重的算法。最后将该模型及算法应用于大连市经济发展与水资源协调管理研究中,对大连市 2000 年水平、2010 年水平的决策方案进行了优选。

(3)在分析风险概念的基础上,提出了以传统“失事概率”概念为基础的水库洪水位风险分析模型和以“不利结果的剧烈程度及其发生概率”概念为基础的水库洪水位模糊风险分析计算模型。以丰满、白山水电站水库群系统为背景,建立了应用蒙特卡洛法进行系统仿真的结构模型,并根据系统仿真结果对丰满、白山两水库的设计洪水位进行了风险分析。

(4)在现行水利工程经济计算规范中,考虑水文现象的随机性对工程效益的影响时,直接将效益期望值作为多年平均效益,这一算法反映不出效益的离散性对工程项目经济评价结果的影响,可能导致项目经济评价的错误结果。通过数学推导,给出了一种考虑随机因素影响和资金时间价值影响的工程效益计算公式,并将其推广到考虑经济增长的防洪工程效益计算中。针对不同设计保证率的工程项目,进一步分析了该公式的合理性和适用性。通过算例与现行方法比较发现,采用本文给出的方法得出的工程方案经济

评价结果更合理。

(5)通过分析区域水资源可持续利用的特点,提出了区域水资源可持续利用协调管理的原则和谐系结构,并且,在对管理谱系结构概化的基础上,给出了按行政区划的水资源协调管理递阶结构。建立了区域水资源可持续利用协调管理模型:①通过子区域间的权重和部门间的权重反映决策者的经验与决策思想;②通过满足水资源约束条件下的总效益最大追求区域发展水平;③通过协调模型平衡子区域间、部门间的利益关系;④针对用水大户——农业,建立了种植结构优化模型;⑤针对水文要素的随机性,分析不同水文年的水资源供需状况;⑥通过对不同规划水平年的分析,平衡代际利益并保证产业结构的衔接有序发展。针对区域水资源协调管理中权重确定的重要性和复杂性,应用了模糊二元对比权重确定模型。最后,通过算例对模型进行了检验。

(6)在分析近年来黄河频繁断流的原因及其影响的基础上,综合国内专家的意见,从可持续发展观出发,围绕充分发挥黄河现有水资源利用条件、进一步开发利用黄河水资源和外流域调水等三方面的途径,从管理体制、计划用水、调整水价、水土保持、井渠结合、水库调度、开源以及计算机支持信息管理系统等方面,分近期、中期及远期三个阶段,提出了黄河水资源持续利用的对策思路。

黄河干流水库群在黄河流域水资源调度管理中起着核心作用。因此,以三门峡水库为背景,建立了多泥沙河流水库长期优化调度随机动态规划模型。多泥沙水库的优化调度计算比清水河流水库复杂得多,主要表现在:①水库、下游河道冲淤关系计算复杂、计算量大;②由于泥沙冲淤关系与水库、河道当前形态有关,因此,动态规划模型中状态变量多;③由于水流的挟沙能力与流量的指

数次方成正比,在水量相同而流量过程不同的情况下,冲淤结果也不同,因此计算时段若按传统方式划分为“月”或“旬”,计算误差太大,必须细划到日或时(采用日还是时,与采用的泥沙冲淤计算模型有关)。上述三个方面的同时存在,使在应用传统随机动态规划模型时,无论空间上还是时间上都是不可行的。针对模型中由于考虑泥沙冲淤计算带来的状态变量维数多、计算量大等特点,提出了对模型及其算法的改进方法,为进一步研究多泥沙河流水库群优化调度提供参考。

笔者的研究成果,得到了大连理工大学陈守煜教授、王本德教授的关心和指导,在此表示衷心的感谢。

作 者

1999 年 6 月

目 录

前言

第一章 水资源可持续利用管理概述.....	(1)
第一节 可持续发展与水资源可持续利用.....	(1)
第二节 水资源利用管理中的不确定性及其研究现状	(15)
第二章 模糊模式识别神经网络预报模型及其算法	(37)
第一节 人工神经网络模型概述	(37)
第二节 模糊模式识别神经网络预报模型	(39)
第三节 模糊模式识别神经网络的最速下降—共轭梯度 学习方法	(47)
第四节 模糊模式识别神经网络预报模型进化单纯形算法	(51)
第五节 计算实例	(54)
第六节 小 结	(58)
第三章 灰色系统预测	(60)
第一节 概 述	(60)
第二节 灰色预测模型	(65)
第四章 多目标决策模糊优选模型及其应用	(91)
第一节 概 述	(91)
第二节 Delphi 方法与模糊综合评判在水利水电工程 方案选择中的应用	(95)

第三节	模糊优选神经网络多目标决策模型·····	(105)
第四节	决策过程动态对话方法·····	(109)
第五章	水库设计洪水位风险分析的随机模拟方法 及其应用·····	(115)
第一节	概 述·····	(115)
第二节	水库设计洪水位风险分析随机模拟模型·····	(118)
第三节	白山水库、丰满水库设计洪水位风险分析随机 模拟·····	(124)
第四节	小 结·····	(138)
第六章	考虑风险影响的工程效益计算方法·····	(140)
第一节	概 述·····	(140)
第二节	工程效益计算方法·····	(141)
第三节	防洪排涝工程效益计算·····	(146)
第七章	区域水资源持续利用协调管理模型·····	(154)
第一节	概 述·····	(154)
第二节	区域水资源持续利用协调管理模型·····	(162)
第三节	宁陵县水资源持续利用协调管理研究·····	(170)
第八章	黄河水资源持续利用问题浅析与对策探讨 及多泥沙河流水库长期优化调度研究·····	(213)
第一节	黄河水资源持续利用问题浅析与对策探讨·····	(213)
第二节	多泥沙河流水库长期优化调度模型的建立·····	(224)
第三节	小 结·····	(235)

第一章 水资源可持续利用管理概述

第一节 可持续发展与水资源可持续利用

自第二次世界大战以来,随着科学技术的进步,世界各国经历了一个经济高速发展的时期。但是,由于人们过分单纯追求经济增长,忽视了人口剧增、资源浪费、环境污染、生态环境质量日益恶化等问题,使自然界支撑系统承受越来越大的压力,迫使社会有识之士逐步认识到这种状况的延续一旦超过自然系统可承受能力,将严重威胁着人类社会的持续发展。

1987年,挪威首相布伦特兰(Brundland)夫人和她主持的有21个国家的环境与发展问题著名专家组成的世界环境与发展委员会,在历时900天对世界各地进行考察的基础上,在联合国世界环境与发展大会上所作的题为《我们共同的未来》报告中,明确提出了《可持续发展》问题。报告告诫人们,如果人类再不反省自己的政策和行为,这个世界的发展是不可能持续下去的。1992年,世界环境与发展大会通过一系列决议和文件,并制定了《21世纪议程》,把可持续发展概念的提出、形成、演化推向了行动,树起了人类环境与发展史上新的里程碑。1994年,我国政府发表了《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》,作为制定我国国民经济与社会发展的重要指导性文件,引起了国内外的普遍关注。目前,可持续发展观已成为各国制定国家发展战略的中心议题和理论基点。

一、可持续发展的概念和内涵

什么是可持续发展?如何理解可持续发展的内涵?从来还没

有哪一个概念如同可持续发展概念一样，在全球范围内有如此广泛的探讨和绚丽多彩的定义与解释^[1]。早在1980年，国际自然与自然资源保护同盟(IUC)首先提出了“可持续发展”的术语，它旨在说明自然资源及其开发利用程度间的平衡。在1992年联合国环境与发展大会前后，全球范围内对可持续发展问题展开了热烈讨论。1991年1月，国际生态学联合会(INTECOL)和国际生物科学联合会(IUBS)联合举行了关于可持续发展问题专题研讨会，将可持续发展定义为：“保护和加强环境系统的生产和更新能力”，即强调可持续发展是不超越环境系统更新能力的发展；1991年，由世界自然保护同盟(INCN)、联合国环境规划署(UNEP)和世界野生生物基金会(WWF)共同发表《保护地球——可持续生存战略》，将可持续发展定义为：“在生存不超出维持生态系统涵容能力之情况下，改善人类的生活品质”，并在报告中着重论述了可持续发展的最终落脚点是人类社会，即改善人类的生活品质，创造好的生活环境；1985年，Edward B. Barbier在著作《经济、自然资源不足和发展》中，把可持续发展定义为：“在保护自然资源的质量和其所提供服务的前提下，使经济发展的净利益增加到最大限度”；1988年，Anil Markandya和David W. Pearce在《自然环境与社会折现率》中提出，可持续发展是“今天的资源使用不应减少未来的实际收入”；1989年，James Gustave Spat从技术选择的角度扩展了可持续发展的含义，认为“可持续发展就是转向更清洁、更有效的技术——尽可能接近‘零排放’或‘密闭式’工艺方法——尽可能减少能源和其他自然资源的消耗”；1995年，世界银行从经济属性出发将可持续发展定义为：“人均财富不断增长的发展就是可持续发展”，这里的人均财富包括物质财富、人力财富、自然资本和社会资本等。我国学者也从不同的角度描述了可持续发展的含义。1992年，牛文元^[2]提出“可持续发展是自然、社会、经济之间的均衡、和谐和互补”；1997年，刘昌明^[3]提出：

“可持续发展应理解为社会发展的目标函数,以资源生态环境与经济等组成相互和谐的制约条件,并在时间与空间方面具有循序协调的动态连接发展系统”,将伦理社会、经济、环境、生态、技术、区域和人与自然关系等融于一体;方子云^[4]认为,可持续发展是一个综合的和动态的概念,它是经济问题、社会问题和环境问题三者互相影响、互相协调的综合体,“从发展的时间尺度考虑,可定义为:‘既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要能力构成危害的发展’;从发展的空间尺度考虑,还应加上:‘特定区域的需求不危害和削弱其他区域满足其需求的能力’;从人与自然的关系上考虑:‘要求人与自然和谐统一’”;冯尚友、傅喜等^[5]将可持续发展定义为:“以人为中心、以生态环境保护为条件、以经济社会发展为手段,谋求代内和代际共同繁荣持续发展的目标”。学术界从各自的专业角度出发,对可持续发展作了非常丰富的描述,并应用到各行业,如可持续经济、可持续农业、可持续林业、水资源的可持续利用与保护等。在诸多定义中,1987年布伦特兰夫人在其《我们共同的未来》中提出的定义“满足当代人的需求,又不损害子孙后代满足其需求能力的发展”最具影响力,在1992年联合国环境与发展大会上得到共识,并被国际社会广泛接受和认可^[6]。

目前,虽然“什么是可持续发展”没有统一的解释和定义,但是国际社会已从不同角度赋予了其明确和丰富的内涵,是人类在强调社会经济发展的同时,又要设法解决所面临的日益严峻的人口、资源与环境矛盾的一种新的导则。概括起来其包括的主要内涵是:

(1) 公平性原则。可持续发展追求公平性原则,包括三层意思:一是本代人的公平。可持续发展要满足全球人类的基本需求和给所有人机会以满足他们要求较好生活的愿望,要给世界以公平的分配和公平的发展权,要把消除贫困作为可持续发展进程中

特别优先的问题来考虑。二是代际间的公平。要认识到人类赖以生存的自然资源是有限的，这一代不要为自己的发展与需求而损害人类后代满足需求的条件——自然资源与环境，要给世世代代以公平利用自然资源的权利。三是公平分配有限资源。地球资源是有限的，有限的资源要在地区间公平合理地得以分配，这就要求在开发利用资源时，要公平地对待眼前利益与长远利益、局部利益与全局利益。

(2) 共同性原则。由于世界各国、各地区的历史、文化环境、资源和发展水平的差异，可持续发展的具体目标、政策和实施步骤不可能是惟一的。但是，可持续发展作为全球发展的总目标，其最终利益是一致的、共同的。由于当今社会的经济交流多边性和环境影响的共同性特点，实现可持续发展目标，必须采取全球共同性联合行动。

(3) 持续性原则。持续性原则的核心是指人类的经济和社会发展不能超越资源与环境的承载力，即不要因我们这一代人消费自然资源而剥夺后代人享用这些资源的权利，不要因我们这一代人的破坏而把一个被破坏的生存环境留给后代。地球自然资源有两大类：一类形成于地质年代，一旦开采就很难恢复再生，多数矿产资源属于这一类。对于这一类资源的无限制利用，总会有耗竭的一天。因此，对这类资源只能研究如何有效利用及延长可采期，并努力在找到替代资源之前不致影响人类社会的发展。另一类是可在自然过程中能恢复再生的自然资源，如生物资源和水资源。这类资源的利用就要使其消耗量永远小于其自然恢复再生能力。过度的开发，超过了其承载力，就可能破坏资源的可持续利用。

(4) 自然资源和环境、社会与经济的协调发展原则。可持续发展既不是单指经济发展或社会发展，也不是单指生态持续，而是以人为中心的自然—社会—经济复合系统的可持续。经济系统

离开资源与环境的依托，经济将走向衰退；社会系统离开经济系统的支撑，社会将走向原始；资源与环境系统离开发达的经济和公平有序的社会，环境也将不能体现其自身的价值，并且当环境遭破坏时，也没有经济能力和科学的机制使其改善。在社会可持续发展中，必须处理好人与自然、社会与生态环境、经济与资源环境的和谐统一，以促进自然资源和环境、社会与经济的协调发展。刘培哲^[1]从自然—社会—经济复合三维结构系统出发，将可持续发展描述为“可持续发展是能动地调控自然—经济—社会复合系统，使人类在不超越资源与环境承载力的条件下，促进经济发展、保持资源永续和提高生活质量”。其内涵体现出了发展是人类永恒的主题，其目的是提高人们的生活质量，创建人类美好的社会。为此，必须鼓励经济增长，它是国家实力和社会财富的体现。但是，经济发展不能超越资源与环境的承载能力，要提高效益、节约能源、减少废物，改变传统的生产和消费模式，实施清洁生产和文明消费，控制环境污染，改善环境质量，保护生命支持系统，保护生物多样性，保持地球生态的完整性，保证以持续的方式使用可再生资源。因此，概括起来说，可持续发展包括生态持续发展、经济持续发展和社会持续发展，它们之间互相关联而不可分割。生态持续是基础，经济持续是条件、社会持续是目的，人类共同追求的应该是自然—经济—社会复合系统的持续、稳定、健康发展。

二、我国水资源面临的危机和水资源可持续利用对策

水是生命的源泉，是人类赖以生存和不可替代的资源，是社会和经济发展重要的物质基础。有了水，我们才能发展农业、发展工业、发展经济、保护和改善生态环境。人类社会的发展史，就是对水的认识和利用斗争的历史。在人类的早期，没有科学知识，更缺乏利用水资源和抗御水灾害的能力，只能处于逐水而牧、随

水而居的状态。随着人类文明的进步,掌握了一定的科学技术,对水有了一定的认识,从而逐渐通过建设水利工程,开发利用水资源,并在一定程度上具有了抵御各种水灾害威胁的能力。但是,人类在相当长的时间内,认为水是取之不尽、用之不竭的。水资源的开发利用在很大程度上是粗放型的,即人们主要考虑利用所拥有的资金、技术、资源等生产力要素,以最大限度地满足其当前的、局部的需求。随着人类社会的进步与发展,尤其是第二次世界大战以后,世界经济发展突飞猛进,用水量急剧增加。从1900年到1980年的80年中,全世界用水量从5 790亿 m^3 增加到33 200亿 m^3 ,其中:农业用水增加了近3.4倍,工业用水增加了19.6倍,城市生活用水增加了12.4倍。据联合国统计,目前占世界人口40%的80个国家,其淡水供应短缺已成为制约其经济发展的重要因素。在新中国成立后,随着社会经济的高速发展,我国的用水量也大幅度增加。1949年全国总用水量仅1 031亿 m^3 ,到1988年,全国水资源利用总量已超过5 000亿 m^3 。用水量增加的同时,也加大了污水排放量。缺水和水污染直接威胁着人类生存和生态环境。如进入90年代以来,随着黄河流域人口的增加和工农业的发展,再加上近年来黄河流域连续降水偏枯和水资源管理不力、分配不合理,致使黄河下游出现“四年三断流”的局面,且断流时间越来越长(1996年断流时间达136天),断流出现的河段也越来越长。黄河断流,给下游沿黄两岸人民造成了严重的社会、经济和生态影响。就全球而言,水问题已成为很多国家和地区面临的四大危机之一。河道断流、地下水漏斗加深、土壤沙化、水体污染等问题,迫使人们逐渐认识到合理开发利用和保护水资源的重要性。早在1977年,联合国人类环境和水会议就向全世界发出呼吁:“水,不久将成为一项深刻的社会危机,石油危机之后的下一个危机便是水”。1992年6月联合国环境与发展大会把水问题作为《21世纪议程》的重要组成部分,引起了世界各

国政府对水资源的合理开发利用和保护普遍重视。1993年1月,第47届联合国大会根据联合国环境与发展大会制定的《21世纪议程》,确定从1993年开始,以每年3月22日为“世界水日”,以推动全世界对水资源统筹规划与管理,加强水资源保护,解决日益严重的缺水问题,开展广泛的宣传教育以提高公众对开发和保护水资源的认识,动员全社会来关心水、爱惜水和保护水。目前,我国国民经济正处于高速发展时期,经济发展与水资源协调管理已成为普遍重视的重要课题。作为我国经济、社会、资源与环境协调发展的行动纲领,1994年3月25日国务院第16次常务会议讨论通过的《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》特别强调“从长远看,中国的水资源问题主要是短缺或不足”,“水污染严重和水资源短缺已成为中国水资源可持续利用的两大重要障碍”,“长期不足已成为中国政府急需解决的一个战略问题”。

(一) 我国水资源面临的问题

1. 农业水资源危机

我国是一个人口众多的农业大国,农业生产的发展对于确保我国社会经济长期持续发展具有决定性的意义。但由于我国降水时空变化大,耕地与水资源分布不协调,开发利用水资源,发展灌溉农牧业具有重要意义。

新中国成立以来,兴修了大量水利基础设施,全国总供水量由1949年的1031亿 m^3 增加到1993年的5224亿 m^3 ;农业用水量在此期间从1001亿 m^3 增至3812亿 m^3 。但随着人口增长和社会经济的高速发展,供水能力的增长明显跟不上需水的增长速度。按现状用水统计,全国在中等干旱年缺水358亿 m^3 ,其中农业灌溉缺水300亿 m^3 。近10多年来,全国每年受旱面积0.2亿~0.27亿 hm^2 ,每年约有667万 hm^2 灌溉面积得不到灌溉。因缺水而少产粮食700亿~800亿 kg 以上。由于缺水,我国还有约占全国耕