



973、863、国家自然科学基金项目系列专著

“水破产”危机应对理论 及计算机辅助决策系统应用

“SHUIPOCHAN” WEIJI YINGDUI LILUN
JI JISUANJI FUZHU JUECE XITONG YINGYONG

高伟增 著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

973、863、国家自然科学基金项目系列专著

“水破产”危机应对理论 及计算机辅助决策系统应用

高伟增 著

参编人员

王喜民 左现刚

刘艳昌 常先志

李伍成 郑秋会

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 提 要

本书主要包括:建立面向多部门的水资源调度排序模型、方法和体系;构建水资源调度有效性的理论基础和应用体系;在对水资源系统的运行和演化机理进行科学分析的基础上,形成一个能够促进用户节水,满足多种需求的水资源配置和管理机制。

本书在区域水资源优化理论和应用及系统研制方面通过河南省科技厅成果鉴定,在全国处于领先地位。

图书在版编目(CIP)数据

“水破产”危机应对理论及计算机辅助决策系统应用/高伟增著. —武汉:华中科技大学出版社, 2015.7

(973、863、国家自然科学基金项目系列专著)

ISBN 978-7-5680-1032-0

I. ①水… II. ①高… III. ①水资源-资源保护-研究 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 157636 号

“水破产”危机应对理论及计算机辅助决策系统应用

高伟增 著

策划编辑:严育才

责任编辑:吴 晗

封面设计:范翠璇

责任校对:曾 婷

责任监印:朱 玟

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:9.75

字 数:206 千字

版 次:2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:25.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

区域水量优化配置是合理抑制需求、有效增加供水、积极保护生态环境等的手段和措施。改进区域内优化配置手段和方法,对水资源在区域和各用水部门间进行合理调配,实现有限水资源的经济、社会和生态环境综合效益最大,以及水质和水量的统一和协调,具有重要意义。研究遗传算法、自由搜索算法、神经网络算法等在区域水量优化配置中的应用,是对区域水量优化配置理论的有益补充。

本书结合国家科技部 863 计划“数字渠系平台建设与精准用水管理决策应用”(2003AA20904002)、西北农林科技大学科研专项“区域时空配水管理通用模型库研究与开发”(04ZM070),以冯家山区域为研究对象,进行区域优化配置若干理论和计算机管理决策系统研究,以提高水量优化配置效果为目的,深入研究了区域水量优化配置的理论、优化配置模型、区域用水管理评价及遗传算法和自由搜索算法对水量的优化配置。主要研究内容和取得的结论如下。

(1) 依据遗传算法理论,在配水求解中,摒弃传统的二进制编码,采用了和人们处理问题思路一致的十进制编码,用依次配水的顺序排列来表示各个个体的编码串,有效提高了编码效率和降低了程序设计的难度。针对传统基因编码中基因不能很好反映渠道技术参数的问题,采用了复合基因编码技术,基因组编码包括多个位码,既有表示渠道号的位码,还有表示渠道流量、渠道配水优先级别等信息的位码。比以往用基因算法求解得到的优化信息更加完备,优化结果更加贴近实际。

(2) 针对遗传算法的局限,文中采用自由搜索算法克服了传统基因算法容易陷入局部最优解的缺陷,扩大了算法的搜索空间,从而提高了基因序列的质量,同时,对各个渠道流量调节采用了自由搜索算法,使各渠道的流量在其允许的范围内调节到最佳值,从而使各个渠道在同一时间关闭,不但减少了渠道弃水,而且在目前区域的管理条件下还减少了人工管理的劳动时间,这对整个渠系水量调度具有很好的理论和现实意义。

(3) 区域调度的目的在于将适时、适量的水分分配给各种作物,使得有限的水资源能产生最大的经济效益。对于水库区域,若能将水量优化调度和土地资源以及人们不同优化目的有机地结合起来,将会使灌溉水资源真正得到有效合理的分配。本书构造了区域不确定条件下多目标灌水定额模型,并与渠系优化配水模型进行了实际验证。

(4) 针对目前综合评价中存在主观确定权重、最优值选取不准、评价函数不尽合理的问题,在对区域用水管理评价时,先采用主观法确定权重,再采用多元相关分析法(multivariate correlation analysis, MCA)客观调整权重,并预测参数的数值分布区

间,最后用综合距离法(CP,也称折中法)对指标进行综合评价,实例表明,该评价是科学的、可行的,是对综合评价理论的有益探索。

(5) 在市场经济条件下,无论是供水者还是用水者,利润对他们来说都是至关重要的。充分拉动经济杠杆,对供水、用水及节水将具有重要的影响。文中从利益激励出发,给出了水价的合理范围,为水价制订提供了有益的参考。

(6) 基于区域水量优化配置理论、方法、模型研究的基础上,采用面向对象模块化的设计方法,开发出了计算机管理决策系统。该系统能够实现区域内水情信息、渠系信息的查询、分析,能够根据实际情况对配水计划随时调整,可对区域用水计划管理进行综合评价。实例结果表明该系统具有很好的通用性、实用性和可扩展性。

著 者

2015 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 “水破产”危机应对理论研究的目的与意义	(1)
1.2 国内外水资源优化配置研究现状	(5)
1.2.1 国外研究现状	(5)
1.2.2 国内研究现状	(8)
1.2.3 水资源配置软件研究现状	(10)
1.2.4 水资源优化方法发展趋势	(11)
1.2.5 水资源优化配置研究特点及存在的问题	(12)
1.3 研究内容与技术路线	(13)
1.3.1 研究内容	(13)
1.3.2 技术路线	(16)
第 2 章 区域水量优化配置理论	(19)
2.1 遗传算法理论	(19)
2.1.1 遗传算法生物学基础	(19)
2.1.2 遗传算法特点	(20)
2.1.3 遗传算法的数学基础	(21)
2.1.4 遗传算法的实现步骤	(23)
2.2 人工神经网络理论	(26)
2.2.1 反向传播神经网络及其算法	(27)
2.2.2 反向传播算法存在的问题	(28)
2.2.3 BP 算法的若干改进	(29)
2.2.4 反向传播网络的设计	(29)
2.3 自由搜索理论	(30)
2.3.1 自由搜索原理	(30)
2.3.2 自由搜索算法结构	(31)
2.4 小结	(32)
第 3 章 区域水资源优化配置模型	(35)
3.1 可持续发展的理论体系	(35)
3.1.1 可持续发展观的产生和形成	(35)
3.1.2 可持续发展的界定和基本原则	(36)

3.1.3	可持续发展的理论框架	(37)
3.2	水资源可持续利用定量体系结构	(38)
3.2.1	水资源可持续利用的三层定义	(38)
3.2.2	水资源可持续利用研究的目标和基本任务	(41)
3.3	区域水量可持续利用整体配置模型	(42)
3.3.1	模型的建立	(42)
3.3.2	不同利益激励下数学模型的建立	(46)
3.3.3	数学模型的求解	(52)
3.3.4	实例计算	(54)
3.3.5	结果分析	(56)
3.4	区域渠系优化配水调度模型	(56)
3.4.1	区域不确定条件下多目标灌水定额的确定	(57)
3.4.2	数学模型建立的前提	(61)
3.4.3	配水数学模型的建立	(64)
3.4.4	配水遗传算法的构造过程	(67)
3.4.5	配水遗传算法的实现	(68)
3.5	小结	(73)
第4章	区域可持续用水管理评价研究	(75)
4.1	区域计划用水管理评价的意义	(75)
4.1.1	区域计划用水管理评价的现实意义	(75)
4.1.2	区域计划用水管理评价的理论意义	(76)
4.2	区域计划用水管理评价过程	(76)
4.3	区域运行综合评价方法及其评析	(77)
4.3.1	层次分析法	(77)
4.3.2	专家打分法	(79)
4.3.3	模糊聚类法	(79)
4.3.4	主成分分析法	(81)
4.3.5	综合距离法	(81)
4.3.6	评价方法评析	(83)
4.4	评价指标体系的建立	(84)
4.4.1	综合评价指标建立的原则	(84)
4.4.2	评价指标选取	(85)
4.5	区域计划用水管理评价	(86)
4.5.1	多元相关分析	(86)
4.5.2	多元统计方法确定各目标最优值	(87)

4.5.3 区域计划用水管理综合评价	(88)
4.6 实例应用	(89)
4.7 小结	(91)
第5章 区域整体利益下水价模型研究	(93)
5.1 水价在水资源管理中的重要作用	(93)
5.2 水资源的属性	(94)
5.2.1 水资源的自然属性	(94)
5.2.2 水资源的经济属性	(95)
5.2.3 水资源的社会属性	(96)
5.3 水资源的价值	(96)
5.3.1 水资源的理论价值	(97)
5.3.2 自然水资源的价值	(97)
5.3.3 商品水资源价值	(97)
5.4 水价的构成要素	(98)
5.4.1 综合成本	(98)
5.4.2 盈利率	(98)
5.4.3 国家社会经济发展水平	(99)
5.5 水价与水量需求的关系	(99)
5.6 采用合理价格体制,确定合理、合适的水价	(99)
5.6.1 水务管理部门收入	(100)
5.6.2 农户灌水效益	(102)
5.7 人工神经网络对降雨量的预测	(103)
5.8 实例分析	(107)
5.9 小结	(107)
第6章 区域水量优化配置管理决策	
系统软件研制	(109)
6.1 系统需求分析	(109)
6.1.1 系统功能需求	(109)
6.1.2 系统信息需求	(110)
6.2 系统设计方法与原则	(110)
6.2.1 系统设计方法	(111)
6.2.2 系统设计原则	(112)
6.3 系统设计	(112)
6.3.1 系统用例图	(112)
6.3.2 静态结构模型	(113)

6.3.3 动态结构模型	(114)
6.4 功能模块设计	(115)
6.5 系统开发平台及数据库技术	(117)
6.5.1 系统开发工具	(117)
6.5.2 数据库技术	(117)
6.6 系统运行	(119)
6.6.1 系统登录	(119)
6.6.2 系统主界面	(121)
6.7 运行实例	(121)
6.7.1 配水计划制定	(121)
6.7.2 优化配水	(122)
6.8 小结	(126)
第7章 结论与展望	(129)
7.1 结论	(129)
7.2 展望	(131)
参考文献	(133)

第 1 章 绪 论

1.1 “水破产”危机应对理论研究的目的是与意义

1992 年联合国环境和发展大会宣读的《21 世纪议程》指出:淡水是一种有限资源,它不仅为维护地球上一切生命所必需,而且对一切社会经济部门都有着生死攸关的重要意义。虽然地球的表面积 70% 被一望无际海水覆盖,但陆地上供给人类生存所用的淡水量却是有限的。

地球由岩石圈、水圈、大气圈和生物圈组成,而水圈最为活跃。水圈是地球表层水体的总称。这些水体包括海洋、河流、湖泊、沼泽、冰川、积雪、地下水和大气圈中的水等。水圈的水并不是静止不变的,而是处于不断的运动之中。水圈的各种水体通过蒸发、水汽输送、降水、下渗等水文循环过程,不断交换转移。

不同水文尺度的水文循环向人类不断提供可再生的淡水资源,维持着人类繁衍、生息,但其更新周期相差巨大^[1]。例如:大气中的水只需 8 天就可更新一次,而永久积雪的更新需要 9 700 年,地下水的更新需要 1 400 年,湖泊水的更新需要 17 年,土壤水的更新需要 1 年。由此可见,我们在开发更新周期较长的那一部分水时,必须慎之又慎。

根据质量守恒定律,不管地球的水如何运动和更新,从全球的角度来看,降水量等于蒸发量。这说明,在现有条件下,地球上可更新的淡水量是恒定的,是无法改变的事实。因此,我们在开发水资源时,应采取谨慎的态度,合理高效地利用宝贵的淡水资源。

水是生命之源,是世界上最宝贵的资源之一。随着人口的膨胀以及工农业生产规模的迅速扩大,人们对水的需求日益增加。1977 年联合国水问题大会曾向全世界发出警告:水不久将成为一个严重的社会危机,石油危机之后下一个危机就是水。为了让全世界关注水问题,1993 年 1 月 18 日,第四十七届联合国大会通过了第 193 号决议,确定自当年起将每年的 3 月 22 日定为世界水日。设立世界水日的目的是推动世界各国对水资源进行综合性统筹规划和管理,加强水资源保护,并通过开展广泛的宣传教育活动,增强公众对开发和保护水资源的意识。1994 年 3 月在荷兰诺德维克举行的饮用水和环境卫生部长和官员会议建议成立世界水理事会,联合国可持续发

展委员会和联合国大会认可了该建议。1994年11月国际水资源协会成立了筹备委员会。1996年6月14日,世界水理事会在法国马赛正式成立。由世界水理事会发起的“世界水论坛”每3年举办一届,是目前规模最大、层次最高、影响最广的国际水事活动。水资源是人类社会前进和发展所必需的基本要素,而目前全球淡水资源匮乏、水资源分布不均等已是不争的事实。

联合国教科文组织发布的《世界水资源发展报告》指出,地球表面超过70%的面积为海洋所覆盖,淡水资源十分有限,而且在空间上分布非常不均,其中只有2.5%的淡水资源能够供人类、动物和植物使用。目前农业用水在全球淡水使用中约占70%,预计到2050年农业用水量可能在此基础上再增加约19%。全球目前有8.84亿人口仍在使用未经净化改善的饮用水源,26亿人口未能使用得到改善的卫生设施,约有30亿至40亿人家中没有安全可靠的自来水。每年约有350万人的死因与供水不足和水资源卫生状况不佳有关,这主要发生在发展中国家。全球有超过80%的废水未得到收集或处理,城市居住区是点源污染的主要来源。

水资源问题不仅是一个环境和经济问题,同时也是社会和政治问题。据统计,在过去50年中,由水引发的冲突有507起,其中37起是跨国境暴力纷争,21起演变为战争冲突。水已成为人类可持续发展的核心要素。

联合国秘书长潘基文在2014年世界水日的致辞中呼吁:为了应对与水有关的许多挑战,我们必须本着立即合作的精神,接受新的想法和创新,并愿意分享我们都需要的解决办法,以实现一个可持续的未来。

中国国土面积为 $9.6 \times 10^6 \text{ km}^2$,多年平均降雨量为648 mm,年降雨总量约为 $6.19 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中56%消耗于陆面蒸发,44%转化为地表和地下水资源。据水利部1986年全国水资源调查评价结果,我国平均年径流总量为 $2.7115 \times 10^{12} \text{ m}^3$,平均地下水资源量为 $8.288 \times 10^{11} \text{ m}^3$,扣除重复计算,我国水资源总量约为 $2.8124 \times 10^{12} \text{ m}^3$,仅次于巴西、前苏联、加拿大,居世界第四位,但由于我国人口众多,人均占有量很低,居世界第108位,是属于水资源严重不足的国家之一,水资源在时间和空间上分布不均匀且与土地资源在地区组合上不匹配,长江及其以南诸河的流域面积占全国总面积的36.5%,却拥有全国水资源总量的80.9%。长江以北诸河的流域面积占全国总面积的63.5%,仅拥有全国水资源总量的19.1%,远远低于全国平均水平。我国是个农业大国,农业用水在用水总量上占有很大比重,但农业用水的效率偏低。总之,水资源短缺与浪费并存是中国用水紧张的重要特性。一方面,农业供水因水资源紧缺而难以增加,与此同时,工业和城市的发展也必将进一步削减明显不足的农业灌溉用水,从而使得农业缺水问题日益突出;另一方面,农业用水浪费

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

严重,这其实也同样说明农业节水的巨大潜力。发展以节水和提高水分利用率为中心的节水型农业,将是解决农业缺水问题的关键^[2-3]。据水利部网站 2002 年中国水资源公报的统计资料,当年全国总用水量为 $5.497 \times 10^{11} \text{ m}^3$,其中,城镇生活用水(包括全部建制市、建制镇以及具有集中供水设施的非建制镇)的居民用水和公共设施用水)占 5.8%,农村生活用水(包括农村居民和牲畜用水)占 5.4%,工业用水占 20.8%,农田灌溉用水占 61.4%,林牧渔用水占 6.6%。近年来我国农业用水量约占总量的 70%左右,其中农田灌溉用水约占农业用水的 90%^[4],农田灌溉用量及其占总量的比例均达最高。随着人口的持续增长,中国农业用水量也不断增加,预计到 2030 年,我国人口总数将达到 16 亿人,年人均粮食的需求量为 400 kg,粮食需求总量将提高到 $6.4 \times 10^{11} \text{ kg}$ 。假定 2030 年灌溉用水量比 21 世纪初期灌溉用水量(约 $3.6 \times 10^{11} \text{ m}^3$)略有增长,即达到 $4.0 \times 10^{11} \text{ m}^3$,以目前的水分利用系数和水分生产率来计算,将无法生产出届时所需的 $6.4 \times 10^{11} \text{ kg}$ 粮食。

中国农业用水存在的主要问题如下。

1. 水利工程老化严重,水的利用效率低

节水灌溉技术首先着力于减少输水过程中的水分损失。目前,全国区域渠道总长度超过 $3 \times 10^6 \text{ km}$,其中 80% 为土渠,渠系设施严重不足。我国现有水利工程大多建于 20 世纪大跃进年代,工期相对较短且建设标准低,经过几十年运行,很多设施已经老化,大部分田间灌溉设施失修严重,从而导致从水源向田间输水过程中水量损失惊人,渠系水利用率全国平均达到 57%,而灌溉水利用系数仅为 43%^[5],远低于欧洲等发达国家的 70%~80%。据统计,全国渠道输水损失量占灌溉用水总损失量的 80% 以上,这损失的 80% 水量除了一部分是渗漏造成的外,还有一部分是灌溉时产生渠道弃水而造成的。

2. 灌溉方式落后,水分生产率低

中国灌溉定额普遍偏高,实际达到平均每亩(667 m^2)灌水 $450 \sim 500 \text{ m}^3$,超出实际需水量的 1 倍左右,有的地方甚至超出 2 倍以上。据调查,中国节水灌溉面积还不到有效灌溉面积的一半,喷灌和微灌等节水灌溉方式仅占灌溉总面积的 2.6% 左右,与发达国家相比差距甚远^[6]。在作物生产上,长期以来水分管理仅以产量为目标,而忽视了水分的经济回报效益。直至目前,农田作物水分管理中,“大水漫灌”现象仍较普遍,使得中国的粮食作物水分生产率平均只有 1 kg/m^3 左右,而世界发达国家平均为 2 kg/m^3 ^[7]。

3. 区域用水管理水平落后

区域管理是一个系统工程,水从渠道进入区域,通过各级渠道的输送和分配,最

后按时、按量分送到各田地。市场经济条件下,需要建立一套可以将用水户和区域管理单位直接联系起来的利益共享、风险共担的新型用水协作体系。而当前多数区域仍然沿袭原有的区域管理办法,从而导致区域维护不及时、各级管理者的积极性不高、农民用水不规范和节水意识不强等问题普遍存在,致使区域再生产难以为继。导致上述现象的原因之一与当前农业灌溉水价偏低有关,由于计量困难和计量设施的限制,农田灌溉水费大部分还以面积计费,农民节水与节费不联系,进而使得价格的杠杆作用难以得到实质性发挥,阻碍了节水灌溉的推广。

以上三个问题,解决第一个问题时要求更新改造水利工程,这投资太大,短时期难以见效,但我们通过渠系的水量优化调配,可使弃水最少、灌水时间最短,提高渠系水的利用率,即从水管的角度达到节水目的。针对第二个问题,我们可以采用在作物水分管理上,不但以作物的产量为目标,而且也以水分的经济回报效益为目标,对水量在作物各生长期之间进行优化,提高作物的水分生产率,即从用水方的角度达到节水的目的。

上述我们解决问题的方法仅从供水方和用水方单方面考虑优化配水,没有在区域整体利益下考虑水量的优化配置,也没有从供水方和用水方的动机激励方面来考虑。试想如果供水方加强管理未能提高效益,用水方节水不节费,再好的水量优化配置都只具备理论的可行性,实际操作起来很难。只有供、用水双方的利益得到充分激励,供水方乐意加强管理,用水方节水节费,单位面积效益增加,水资源短缺和水资源可持续利用的问题才能逐渐得到有效的改善。所以解决第三个问题时,在区域水量优化配置时必须同时考虑供水方和用水方的利益,提高区域的用水管理水平,使区域管理得以优化运行。

在区域水量优化配置时,传统的手工配置已很难满足现代化区域管理的需要,而已有的计算机辅助配置系统大多不通用,且考虑问题不全面,算法单一。由此可见,研制区域渠系水量优化配置的计算机辅助决策系统是解决区域农业缺水问题的主要途径。

区域水量优化配置是指在区域内,遵循公平、高效和可持续利用的原则,以水资源的可持续利用和经济社会可持续发展为目标,采用各种工程与非工程措施,考虑市场经济规律和资源配置准则,采用合理抑制需求、有效增加供水、积极保护生态环境等手段和措施,对多种可利用水资源在区域和各用水部门间进行合理调配,实现有限水资源的经济、社会和生态环境综合效益最大,以及水质和水量统一和协调的方法。

1.2 国内外水资源优化配置研究现状

1.2.1 国外研究现状

国外对区域水资源优化配置的研究始于20世纪60年代初期,1960年科罗拉多^[8]的几所大学对区域农业计划需水量的估算及满足未来需水量的途径进行过研讨。

Y. Y. Haimes 等^[9](1974)提出了水资源系统协调管理模型。1975年 Jensen^[10]研究发现,水分亏缺对高粱的影响仅当每次灌水前土壤的相对有效含水率(AW)下降至25%以下时,产量才会大幅减少。1979年FAO(联合国粮农组织)总结了世界范围多种作物产量和水的关系,同时把有关水分生产函数的成果,作为一个重要的约束条件或模拟产量的目标,开始用于规划和评价流域和区域的经济效益,探讨缺水灌溉的最优策略。后来在试验研究的基础上,不少学者^[11-17]进行了区域非充分灌溉条件下的作物-水模型研究,并进行了作物灌溉制度方面的研究与探讨。20世纪70年代以来,研究成果不断增多。1971年美国学者Norman J. Dudley^[18]将作物生成模型和具有二维状态变量的随机动态规划相结合,对季节性灌溉用水分配进行了研究。20世纪80年代,水资源分配研究的深度和广度不断扩大。如1982年Pearson等^[19]利用多个水库的控制曲线,以最大产值、输送能力和预测的需求值作为约束条件,用二次规划方法对英国的Nawwa区域的用水分配问题进行了研究。荷兰学者E. Romijn和M. Tamiga^[20]考虑了水的多功能性和多种利益的关系,强调决策者和科技人员间的合作,建立了水资源分配问题的多层次模型。这个阶段的研究多强调经济利益的回报,对水的可持续利用涉及很少。

20世纪90年代以后,各国相继出现程度不同的水资源短缺现象,并伴随着生态环境的恶化,随着可持续发展理论的认可,传统的以水量和经济效益最大为目标的水资源优化模式已不能满足需要,一些学者从整个区域或流域生态系统的角度,提出了面向生态的水资源合理配置,并对水资源的合理配置和调控模式进行了探索性研究。

1992年Afzal等^[21]针对Pakistan的某个地区的灌溉系统建立线性规划模型,模型能够计算出在特定时期内作物最佳耕种面积、地下水允许开采量等。1997年,澳大利亚Murray流域水管理局^[22]实施了Murray River河道的配水规划,在对生态系统的需水时间和需水量、现有用户的需水量,以及未来的需水量计算的基础上,以最小的环境负效益、最大的社会经济效益为优化配水的目标,评价水资源满足需求的能力;

1997年, Wong、S. Hugh等^[23]提出支持地表水、地下水联合运用的多目标多阶段优化管理的原理与方法,在需水预测中要求地下水、当地地表水、外调水等多种水源的联合运用,并考虑了地下水恶化的防治措施;2001年 Ringler^[24]对湄公河流域进行了以经济净效益最大为目标的水资源优化配置;2001年 Tewel^[25]建立了流域整体的水量水质网络模型;2002年 Quba^[26]以净收益最大为目标,以水土资源条件和季节的单位需水为约束,设计出多用户优化配水的线性规划模型;2003年 Fathali 等^[27]提出了水资源再分配和水库建设的适时优化模型。

这个阶段的研究者注意了水资源的可持续利用问题,但采用的优化算法模型多为线性规划模型或动态规划模型,而实际优化时,我们所碰到的问题大多不是线性的,上述的优化计算和实际情况是有出入的。

人们在优化时计算模型由单一的优化模型发展为几种方法的组合模型,计算问题由单目标发展为多目标。国内外大系统多目标优化模型的方法除了运筹学中的优化技术如线性规划、整数规划、非线性规划、动态规划外,还有集结法、大系统递阶分析法,包括多目标分解协调方法、多目标分解聚合法等,但上述模型各有其使用范围和适用条件。随着系统科学的发展,新的优化算法如非线性理论、遗传算法、复杂适应系统等在水资源合理配置研究中得到了广泛应用^[28-33],1995年, V. Rao^[28]对适于多峰搜索的基于排挤的遗传算法进行了研究。利用峰值与决策变量不同集合之间的效用关系,扩展 GA 遗传算法在多目标决策中的应用,并将其用于含水层污染的治理。1998年, M. Wang^[29]研究 GA 和 SA(模拟退火)算法在地下水资源优化管理中的应用,考虑地下水最优开采率随水流状态变化而变化的特性,建立了地下水多阶段模拟优化混合模型。通过 GA 和 SA 的求解结果与线性规划、非线性规划、动态规划结果的比较来评价 GA 和 SA 的优点和缺陷。三个实例研究中, GA 和 SA 的优化结果优于或接近于各种规划方法的优化结果。2000年, J. Morshed^[30]等回顾了 GA 在非线性和非凸、非连续问题中的应用,对改进 GA 的可能方面进行了研究与探索,以一个具有固定和变化费用的非线性地下水优化问题为实例,将改进 GA 得到的最优解与非线性规划得到的解进行比较,并研究这些改进方法对 GA 各种参数的敏感性。这个研究阶段的优化算法是比较新颖的,也比较符合实际情况,但每一种优化算法都有它的适应性,如文献^[29]中用 GA 和 SA 算法对地下水模拟优化是不妥的,因为 GA 和 SA 算法对于有确定结果的优化是适用的,而地下水的变化是不确定的,它随着气候的变化而变化,预测地下水变化的适用算法应该是人工神经网络(ANN)算法。

20世纪90年代末,多目标水资源优化问题逐渐成了人们研究的热点。G. Eder

等^[34]在1997年用多目标因子的方法对区域水量分配计划进行了评价。K. S. Raju等^[35]2002年用多目标分析的方法对区域的灌溉系统进行了分类,2003年用多目标模糊线性模型对灌溉规划进行了研究^[36];K. S. Raju等^[37]在2006年用人工神经网络算法和多目标评价方法研究印度 Maharashtra 区域可持续灌溉规划。此外,包括 K. S. Raju 在内的学者^[38-41]也采用多目标分析的方法研究了水资源的优化配置。总的说来,这个时期的优化算法已经逐渐成熟起来,优化时考虑了区域、社会、环境的综合因素,但这时的多目标之间的协调和评价采用的方法没有一个确定的标准,每个研究者都有自己的一套算法。K. S. Raju 应用多元统计法中因子分析原理,建立了区域灌溉水量分配计划管理质量评价的综合指标——综合因子,依据各评价对象在综合主成分上得分的大小排出其优劣次序,达到综合评价的目的。

K. S. Raju应用多目标因子和各理想点的综合距离评价灌溉规划。该数学模型为^[37]

$$L_p = \left[\sum_{j=1}^N w_j^p \left\| \frac{f_j^* - f(j)}{M_j - m_j} \right\|^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (1-1)$$

式中: L_p 为评价函数;

$f_j^* - f(j)$ 为 j 因子的理想值和实际值的差;

$M_j - m_j$ 为 j 因子的最大值和最小值的差;

w_j^p 为 j 因子的权重;

p 反映决策者的态度。

为消除各参数数值量纲的影响,各参数均进行了无量纲处理。综合因子法用客观分析方法评价多因子函数,因子之间的相关性和对综合因子贡献的权重是通过数学推导得出的;综合距离评价方法中各因子对优化函数贡献的权重由评价者自定,而各因子之间则彼此无关。这两种评价方法各有优缺点。综合因子分析法中各因子之间相关性、权重都是客观计算出来的,各因子之间相关的客观性符合实际情况,而权重的选择应该有主观因素的介入即专家的参与。综合距离法中各因子的权重由决策者选择,而权重的选择应该考虑各因子的相关性,这点综合距离法没有涉及。

综上,区域水量优化配置研究从单一的效益配置到全面考虑区域经济、生态效益,算法越来越复杂,考虑问题越来越全面,但针对算法的适应性和复合优化算法研究较少,优化时多目标之间的协调和评价采用的方法没有一个确定的标准。因此复合优化算法求解和多目标之间的协调和评价是区域水量优化配置下一步研究的方向。

1.2.2 国内研究现状

区域水资源优化配置是利用系统理论与方法,以区域经济效益最大或供水量之和最大为目标函数,以作物种植面积或各用水量作为决策变量,建立多水源联合优化调配模型。

1. 水量在作物生育期间的优化配置

我国在区域水资源优化配置研究中非充分灌溉部分的研究起步较晚,但在单一作物灌溉制度的制定、水分模型等方面已取得了相当大的成绩^[42-57],这些模型建立大多采用一种模型求解,而每一种模型都有它的适应性。因此,上述文献的求解均只对某一作物在某一特定区域适用。张展羽、李寿声^[58](1993)将非充分灌溉条件下土壤水分的消长函数概化为两部分:一是作物计划湿润层含水量始终大于适宜含水量下限的线性部分,土壤含水量随时间的增加而线性减小;二是作物计划湿润层含水量小于适宜含水量下限的非线性部分,土壤含水量随作物蒸腾蒸发的消耗呈非线性变化,并用模糊动态规划的方法求解了缺水地区旱作作物的非充分灌溉制度,编制了相应的电算程序。有限水量的最优分配,也可采用非线性规划(NLP),用系统分析的方法确定有限水量在作物生育期的最优分配。崔远来^[59](2002)用两层分解协调模型(DP2SDP 迭代法),求解了缺水条件下水稻的最优灌溉制度。第一层基于作物水分生产函数,将降雨作为随机变量,用 SDP 模型求解单一作物非充分灌溉条件下最优灌溉制度;第二层用 DP 模型将有限水量在多种作物之间进行最优分配。复合算法使水量优化配置模型和方法不断丰富和完善,促进了以有限水资源量实现最大效益的思想在实践中的应用。上述模型从单一模型到复合模型,考虑问题越来越全面,但模型优化中主要考虑水的因素。现有实践表明,与充分灌水方式相比,非充分灌溉的水分利用效率明显提高,而且适量的氮肥施用还可有效提高水分生产率,因此水-肥耦合下水量优化配置将更符合实际情况。

将作物种植结构优化模型和单一作物灌溉制度优化模型结合,就可以对水量进行时空优化分配。穆勇等^[60]从经济角度出发,建立了模糊线性规划模型,对农场垦区种植结构进行调整。何满喜等^[61]应用灰色系统理论和多元统计分析建立了内蒙古自治区种植结构模型,但这些模型对区域水资源没有考虑。卢秀春等^[62]将区域的总产值作为最大目标,约束条件为灌溉水量,建立景泰区域的种植结构模型。在模型中,均只考虑区域的最大经济效益,没有考虑农民的效益。在实际应用过程中,各个区域的情况各不相同,有的区域水资源有限,有的区域土地资源有限,还有的地方水、土资源都有限,而上述模型均未考虑全面,在不同区域不能通用,另外上述模型也没

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com