

软方法思想在水资源决策支持系统中的一些应用

唐锡晋 顾基发

(中国科学院系统科学研究所 100080)

一、水资源决策支持系统概况

80年代中期,计算机技术尤其是微机的革命,人工智能和专家系统技术走向实用使得决策支持系统(DSS)终于为水资源管理者真正赏识;在此之前社会经济的发展、生态环境的变化和公众环境意识的增强也使水资源管理者意识到原有的管理水平已不能满足需要,一批水资源管理决策支持系统(Water Resources Management Decision Support System—WRMDSS)相继开发。1985年美国土木工程学会(ASCE)水资源管理与规划分会在丹佛召开专门会议,评价了已开发的用于水资源管理上的计算机系统,肯定了这些WRMDSS的作用:①降低了水资源系统的管理操作费用;②改善了管理系统的运行效率及生产力;③能够处理以前认为不可能完成的任务;④提高了水资源系统的可靠性^[1]。会议的有关论文发表在水资源规划与管理的权威杂志《Journal of Water Resources Planning and Management》第112卷3、4期上。

DSS在水资源管理上的应用发展很快,除以上原因,有一非常有利的因素,即系统分析与系统工程的理论与方法在水资源规划、设计及管理上深入、广泛及坚持不懈的应用,其中以水库操作为研究对象就有许多模型,主要为线性规划、非线性规划、动态规划和仿真,Yeh^[2]对此有详尽的介绍。由此看来,WRMDSS的发展应很顺利,而实际并不如此。有许多问题,其中一个突出的原因是建模问题。由于系统设计人员的学术式的研究方式,使开发的系统往往是“实验室的产品”,而不是实际管理者期望的可操作的“管理助手”,故怨生载道,是WRMDSS发展的阻力。国外一些学者注意到这点,已致力于系统的改善工作^{[3][4][5]}。

我国WRMDSS的发展与国外相类似。由于我国水资源分布不均,北方偏旱而南方有洪涝灾害,因此如何节约用水、合理分配水、减少洪水灾害、宏观与微观的调度需要科学决策,研制好的实用的WRMDSS势在必行。

二、软系统方法简介

软系统方法相对于硬系统方法而言,对于结构模糊的问题或议题(issue)难以像硬系统方法那样用明确的数学模型描述,只能建立概念模型,求得的解往往只是可行的或满意

的, 整个工作过程可看成是一个学习过程。Checkland 对此作了方法论上的探讨, 提出了 7 步工作程序^[6]。目前, 英国、日本和中国等关于软系统方法的研究较多, 其中日本榎木义一和中森义辉^[7]等提出了 Shinayakana 系统方法, 其核心思想是针对复杂的社会、经济和环境系统, 因其复杂性和模糊性, 采用一种又软又硬的思想, 它不只采用数学方法, 更强调人的支持和对话。在建模和设计计算机支持系统时应强调 3I, 即对话 (Interactive), 智能 (Intelligent) 和学科间的交叉 (Interdisciplinary); 在研究问题时提倡 3H, 即建模要诚实 (Honesty), 设计计算机支持系统时要有人性 (Humanity) 和研究组的和谐 (Harmony)。Shinayakana 方法注重人在计算机系统设计中的作用, 注重用计算机构成建模支持系统和决策支持系统。他们已在计算机上实现了体现该系统方法思想的对话式构模支持系统 (TMSS), 并用于环境预测^[8]。

国内以钱学森为首提出解决开放复杂巨系统的从定性到定量综合集成方法论^[9]。他们认为对复杂巨系统不能再采用研究简单系统的还原论方法, 而应运用综合集成的方法论, 即定性研究与定量研究相结合, 定性理解上升为定量理解; 多门科学理论与经验知识相结合, 用系统的概念, 微观研究与宏观研究相结合, 等等。

以上各流派的共同点是强调定量模型必须与定性的知识、经验有机结合, 去建立研究系统的概念模型; 突出人 (专家) 的作用和系统集成; 强调系统与环境、用户及自身的通讯。这些思想和方法在研究社会、经济和环境等复杂系统时已逐步得到运用。

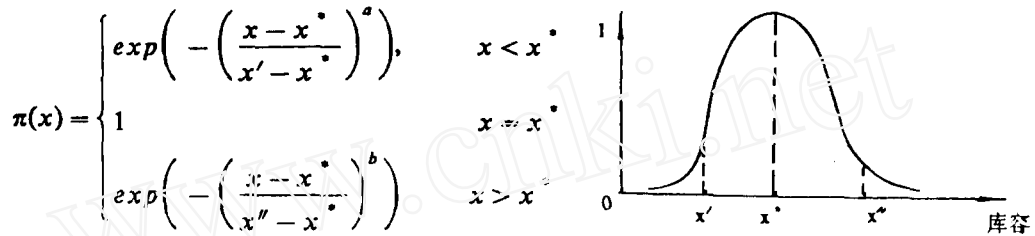
三、软系统方法对 WRMDSS 的一些作用

如前文所述, 发展 WRMDSS 是社会、经济和环境发展的需要, 水资源系统是环境系统的一部分, 如何开发 WRMDSS 并有效地实践, 值得仔细研究。下面我们以秦皇岛引青自动化系统工程软件系统“水库操作与洪汛管理”(OOAFM)的研制, 从系统设计、实现及实践 3 个角度说明软系统方法对以水库系统为主的 WRMDSS 开发的一些作用。

1. 设计的角度

水库管理系统开发时, 有时出现这样的情况: 系统设计人员需要用户提供目标, 而一般水资源管理者不能较明确地给出; 他们通常能够描述系统的运行状况、设计运行方式, 处理一些需求和供给间的矛盾, 定性评价一些方案, 系统设计人员只能根据经验分析用户模糊的要求来推断水库系统的操作运行目标, 再与用户协商。水库操作一般选用经济准则, 如大型的水电站水库系统追求出力大, 同时保证工业、农业和城市用水, 或使供水量与需求的偏差最小, 总之它们可用量化的指标定出目标函数。但有许多的水库, 特别是中小型水库, 其目标是防洪兼顾工农业及城市用水的需求, 在把水库运行达到设计要求作为主要任务的水库管理无法提供有效的、符合当地实际的尺度数据时, 以经济指标构造目标函数盲目寻优, 根据 Shinayakana 系统方法的观点即为建模不诚实, 这将导致系统的模型与实际的系统不对应。水库操作本身是多目标问题, 工业用水与农业用水、城市用水与工业用水、防洪与供水、水质与环保、养鱼及旅游等各种关系之间存在相互联系的矛盾, 水库运行的目标是争议性强的议题 (issue), 这也是水库操作的研究经久不衰的一个主要原

因。所以水库操作模型要注重诚实，并要有一定程度的公平性(fairness)。我们在开发OOAFM时就遇到这个问题，通过反复对话与理论研究，刘与顾提出了水库操作模糊满意模型(FCM)⁽⁹⁾，用满意度函数作为目标函数，形式及图形如下：

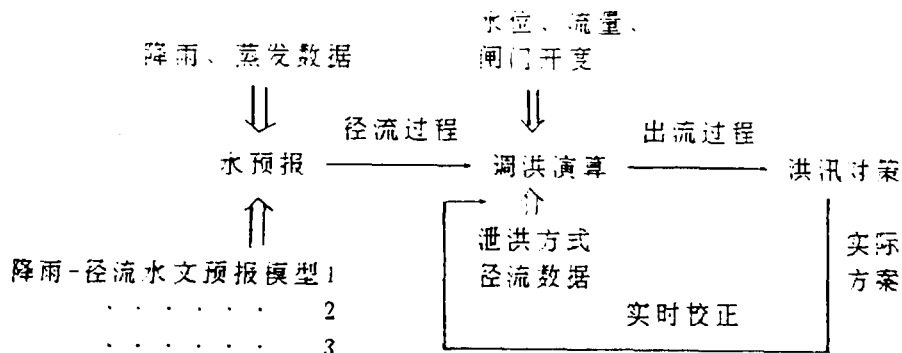


其中 X^* 为期望的最满意库容， X' 代表偏旱库容， X'' 代表偏涝库容， a, b 为系数。这样就把模糊的难表达的目标用满意度定量地表达出来，5 个参数 X^*, X', X'', a 和 b 可随时间、用户要求而调整，终于为用户接受并通过设计鉴定。

由于实际系统的约束，水资源管理提供采用满意准则和多目标函数[11]。通过对话，考虑用户偏好，分析物理系统的实际约束并建模，这也决定了 WRMDSS 采用原型法开发方式。如果集成一些分析目标和建模的方法，在计算机上实现水资源管理的建模支持系统(IMSS)，那么实际遇到问题时，利用(IMSS)，就可相对快地构造系统模型，与用户的交流便捷，可加快系统开发速度，这也是我们努力的目标。

2. 技术实现

已在计算机上实现的水资源管理模型很多，这方面技术较成熟，我们认为模型的集成则是 WRMDSS 开发中更关键的问题，即要构建一套模型(或模型系统)而不是单一的整体模型或相互分离的若干模型。在明确了模型、模型结构和模型用途后，主要问题是模型和模型间联系的实现。这里系统集成的一个方面是模型间静态的组织与动态的连动，静态指具有明晰的相关结构和模型运用和相互通讯的规则，这需要定量的计算、用户水库管理的经验与规则的综合并在计算机上的实现；动态则指系统运行在与外部环境交互下的输入输出符合逻辑，在静态规则的协调下使中间输出和最终的输出有实际意义。这与专家系统的元规则和推理机相似。



Loucks^[3] 早就倡导交互的建模及使用, 强调模型间通讯的重要性, 并认为加强通讯是当前模型应用的最重要方面^[12]。Simonovic 等^[13] 研制了智能化的水库管理决策支持系统(REZES), 专家系统与数学模型结合和基于知识的学习是它的特点。这说明对话和产生式规则等计算机界面系统和人工智能及专家系统是系统集成技术保障。

OOAFM 有各类径流预报、水库操作、水分配和调洪演算等一系列模型, 我们以水预报→水库操作→水分配的思路作系统集成, 以防汛管理为例(如上图所示)。

上图中的⇒有人机对话成分, 即可实时操作(这是用户的要求), 又可仿真, 如对历史洪水及模型的检验的操作, 在实际计算机(SUN SPARC II)上的模块则是一具有立体结构的交互操作平台。

注重系统集成是为了利用许多已开发的各种用途的模型, 不浪费资源; 同时增强系统的灵活性, 适应变化的环境。

3. 系统运行

WRMDSS 投入试运行到最后的实际运行的过渡很关键, 它反映系统开发的成败。这需要注意系统与人、与运作环境间的协调^[14]。OOAFM 试运行后, 用户反映 FCM 计算结果不对, 并且因无法确定满意库容 X^* 、偏旱库容 X' 和偏涝库容 X'' 而否认其可操作性, 在为其反复说明 FCM 原理后, 我们当场与更高一层的管理者对话, 很方便地得到 X^* 、 X' 和 X'' 的大概数值, 输入后试算结果合理, 这不仅使用户亲身体会 FCM 反映了其水库当前调度方式, 而且我们又在不同层次具体用户的帮助下进一步理解了 FCM 的内涵。可见系统实践要提倡人性, 注意不同用户与系统、系统与环境的协调, 帮助用户适应定量计算与定性判断相结合的决策支持模式, 使之成为实际水资源管理系统和谐的一员, 而不是一种相互摒弃。

四、结束语

由上所述, 满意准则反映了系统现行的运行状态, 从经济准则到满意准则是基于水资源系统分析几十年的实践而对其研究对象的深入认识, 而满意准则到经济准则将是水库操作规范化、科学化的目标。

在水资源系统分析几十年的实践中, 人们从最先的无意识到系统地运用软系统方法论的思想和工具, 开发 WRMDSS; 由于系统分析应用基础好, 存在社会环境要求, 计算机系统实现及应用的前景好, 所以水资源管理是软系统方法良好的研究和实践的领域。

参考文献

- (1) Labadie, J.W. and C.H. Sullivan, Computerized Decision Support Systems for Water Managers, J. of Water Resour. Plan. and Mgmt. ASCE, Vol. 112, No.3, p299-307, 1986.
- (2) Yeh, W.W.-G., Reservoir Management and Operations Models: A State-of-the-Art Review, Water Resour. Res., Vol.21, No.12, p1797-1818, 1985.

- (3) Loucks, D.P., J. Kindler and K. Fedra, Interactive Water Resources Modeling and Model Use: An Overview, *Water Resour. Res.*, Vol.21, No.2, p95-102, 1985.
- (4) Fedra, K. and D.P. Loucks, Interactive Computer Technology for Planning and Policy Modeling, *Water Resour. Res.*, Vol.21, No.2, p114-122, 1985.
- (5) Loucks, D.P., M. R. Taylor and P.N. French, Interactive Data Management for Resource Planning and Analysis, *Water Resour. Res.*, Vol.21, No.2, p131-142, 1985.
- (6) 顾基发, 系统工程中的“软”、“硬”方法《发展战略与系统工程》, 学术期刊出版社, 1987.
- (7) Sawaragi, Y., M. Naito and Y. Nakamori, *Shinayakana Systems Approach in Environment Management*, IFAC 11th Triennial World Congress, 1990.
- (8) Sawaragi, Y. and Y. Nakamori, *Shinayakana Systems Approach*, Proceedings of ICSSSE/93, p24-29, 1993.
- (9) Qian, X.S., J. Y. Yu and R.W. Dai, A new Discipline of Science – The Study of Open Complex Giant System and its Methodology, *Chinese Journal of Systems Engineering and Electronics*, Vol.4, No.2, p2-13, 1993.
- (10) 刘宝碇、顾基发, 水库操作模糊准则模型(FCM模型), 《全国青年管理科学系统科学论文集》(第2卷), 湖南科学技术出版社, p329-333, 1993.
- (11) 冯尚友, “水资源系统分析应用的目前动态与发展趋势”, *系统工程理论与实践*, Vol.10, No.5, p43-48, 1990.
- (12) Loucks, D.P., *Water Resource Systems Models: Their Role in Planning*, *J. of Water Resour. Plan. and Mgmt.*, ASCE, Vol.116, No.3, p214-223, 1990.
- (13) Simonovic, S.P., *Reservoir Systems Analysis: Closing Gap between Theory and Practice*, *J. of Water Resour. Plan. and Mgmt.*, ASCE, Vol.118, No.3, p262-280, 1992.
- (14) 唐锡晋、顾基发, “基于协调的DSS开发及系统设计”, *决策与决策支持系统*, Vol.3, No.1, p31-38, 1993.