

区域水资源可持续发展能力的预测

焦士兴<sup>1,2</sup>, 赵秉栋<sup>1</sup>

(1. 河南大学环境与规划学院, 河南 开封 475001; 2. 安阳师范学院地理系, 河南 安阳 455000)

摘 要: 在简要介绍可持续发展理论的基础上, 提出运用西蒙理论评价水资源可持续发展的方法体系, 并作出假设实例分析和深入探讨, 指出了本研究中存在的不足和发展趋势。

关键词: 水资源; 可持续发展; 西蒙理论

中图分类号: S 273. 1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003)04-0105-04

Forecast of the Sustainable Development  
Ability in Regional Water Resources

JIAO Shi-xing<sup>1,2</sup>, ZHAO Bing-dong<sup>1</sup>

(1. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China;

2. Department of Geography, Anyang Teachers College, Anyang 455000, Henan, China)

**Abstract:** On the basis of a brief introduction to the sustainable development theory, the evaluation method system of water resource applying Siemon theory is put forward. Then it devised a imaginary example analysis and further discussion. At last, the shortcomings and development trend is pointed out.

**Key words:** water resource; sustainable development; Siemon theory

我国水资源总量为 28 124 亿 m<sup>3</sup>, 居世界第四位; 而按人口统计(1999 年), 我国人均占有水量仅为世界人均水量的 1/4, 排在世界 110 位, 已被联合国列为 13 个贫水国家之一。我国的河川径流总量居世界第 6 位, 但人均值远低于一些国家。多年来, 我国水资源质量不断下降, 水环境恶化加剧, 水质性缺水 and 污染事故不断发生。由于降水的时空分布不均等原因, 引起的洪涝灾害不断发生。由于水的不合理开发, 产生了不少生态问题, 如河流断流、水土流失、湿地退化等。总的说来, 我国水资源状况不容乐观, 水资源短缺已经成为国民经济发展的“瓶颈”。据预测, 进入 21 世纪, 我国的水资源矛盾将进一步加剧<sup>[1]</sup>。水资源与人民生产、生活之间的供需矛盾逐渐加大。

1 水资源的可持续发展理论

可持续发展是指既能满足当代人的需要, 又不损害后代人满足其需要能力的发展。可持续发展的核心是以人为中心, 其理论实质是发展, 但强调的是经济、人口、社会、资源环境的协调发展, 同时注重代际之间发展的公平性。

我国水资源的开发必须在可持续发展理论的指导下进

行。第一, 确保水资源的发展与人口发展、经济发展相协调; 第二, 确保水资源的可持续开发, 保证子孙后代有足够的水资源<sup>[2]</sup>。

水是人类生存的生命线, 也是整个经济和社会发展的生命线, 水资源的利用与可持续发展关系极为密切, 为了人类的未来必须实现水资源的可持续发展。因此, 必须建立水资源持续发展的评价方法, 关注水资源的使用动态。

目前, 关于水资源可持续发展评价的方法很多, 但大多是在建立水资源评价指标体系分类的基础上, 制定评价标准, 确定权重之后, 利用综合模型进行处理。尽管这种方法有许多优点, 但是显得过于单一, 其中的区别只在选择标准的分类不同、模型不同。因此, 迫切需要拓展新的研究方法, 本文试图运用西蒙理论——概率论方法对此作以探讨。

2 西蒙理论模式的介绍及应用<sup>[4]</sup>

在西蒙模式中, 假定有一个简单的空间是由直线交叉而形成的 64 个交点的方阵, 区域决策者将要沿着直线组成的路解决区域的缺水问题, 这是决策者的惟一目标, 以免由于缺水问题而导致区域不可持续发展。在这个空间内, 假定解

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-05-05  
作者简介: 焦士兴(1970—), 男, 河南淮阳人, 安阳师范学院地理系讲师, 河南大学环境与规划学院在读硕士研究生, 主要从事自然地理和自然资源的教学与科学研究工作, 研究方向为水资源的开发、利用与管理。

解决问题的方案随机地分布于该平面方格的交点上。只要它被找到,就能保证区域的可持续发展。一旦找不到解决方案,将导致区域不可持续发展。我们还假定在一个时间间隔之后,解决问题的方案继续存在,但是决策者仍是一如既往地重复寻找着解决问题的方案。

在这个区域发展水资源可持续发展模式中有 4 个变量,其中 2 个反映了区域水环境的解决方案;另外 2 个分别描述了区域经济实力和区域决策者的能力特征。在某种真实的意义上,可以将这一问题考虑成为一个相对简单的人—环境系统。

现在可以将该区域决策者所存在的环境绘于图 1 中,在这个具有 64 个交叉点的空间上,随机地分布着 12 种解决方案。我们规定在此空间中仅有决策者在搜寻,且区域决策者每次只能向前看到一个方格点的位置。我们以此为例详细分析区域解决方案的分布、决策者与区域水资源可持续发展的空间行为。

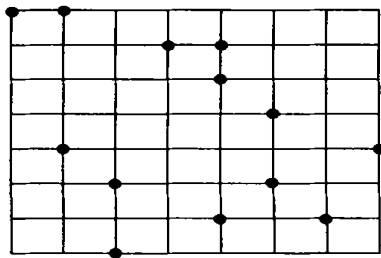


图 1 搜寻的地理空间

2.1 区域的水环境变量

描述区域的水环境变量的两个变量分别是“方案概率”和“决策选择”。该地理空间中区域解决方案的密度大小反映了解决缺水问题的概率,它对区域决策者有最显著的影响。作为一种极端的情况,是希望在每一个点上都能找到解决问题的方案,但在实际的生产、生活中,这种状况并不存在;另外一种极端的情况,则是在空间内只有为数极少的解决方案。

表 1 区域决策者歧路决策的有效性选择		
点的类型	点的数目	可供选择的道路数目
角 点	4	$4 \times 1 = 4$
边 点	24	$24 \times 2 = 48$
中心点	36	$36 \times 3 = 108$
合 计	64	160

就目前而言,区域水资源的解决方案主要包括以下类型:(1)开源,可分为地表水开源和地下水开源两种。其中地表水开源包括:(a) 河川径流开源,(b) 改造现有水利工程失修所增加的水量等;地下水开源包括山区开源和平原开源,其中山区开源包括:(c) 山前平原浅层地下水开源,(d) 浅埋深地带开源,(e) 山前冲积平原中下部开源。(2)节水,可分为农业节水、工业节水和居民生活节水等。其中农业节水包括:(f) 推广先进的灌溉方式,(g) 调整农业产业结构和(h) 调整作物品种结构,(i) 提高灌溉用水的有效利用系数等;工业节

水包括:(j) 调整工业布局,(k) 加快企业技术改造,(l) 提高工业用水重复利用率等。(3) 雨水资源化,包括:(m) 实行人工降雨以及(n) 挖掘水窖,(o) 屋顶集流等微型水利工程。(4) 污水资源化,可分为:(p) 直接回用、(q) 间接回用两种。(5) 建筑中水利用。(6) 海水利用,可分为:(r) 直接利用和(s) 淡化。(7) 冰雪融化。(8) 区域外调水<sup>[3]</sup>。(9) 建立国际、国内水市场。(10) 合理提高水价。(11) 加强水资源的统一管理。

据此,我们可以假设当地经济发展水平相当高,不受经济、技术等任何方面的限制,只要区域决策者努力寻找解决区域缺水的方案,他可以实现区域缺水的所有解决方案,即上述所有解决方案的类型 25 种,其中假设主类型下的子类型(用英文小写字母标出)和没有子类型的主类型具有相等的地位,也就是任何一种解决方案的实施在解决区域缺水问题上都有同样的作用。因此最理想的解决缺水问题的方案概率为  $0.39(25/64)$ ,我们以符号  $P$  来表示。

影响区域水资源可持续发展的另一个水环境变量,是空间中每一个交叉点所能散发出的道路数目。从一个很直接的空间意义上去认识,道路的数目代表着可以变换移动的可能性。对于区域决策者而言,也就是代表着在任何特定的时间中,决策者所具有的选择性和决策的有效性。在我们这个给定的 64 个点的空间网络中,交叉点可被分为角点、边点和中心点三种类型。决策者抵达各种类型的点所具有的选择机会,已列入表 1 中。

据表 1 可容易算出,对于全部空间的 64 个点来说,每一个点上平均具有的道路选择数目为  $2.5(160/64)$ 。这个数值表明,当决策者在任何一个随机位置向前进行每一次移动时,平均将会有 2.5 种可供选择的机会。我们称这个平均的选择机会为路径发散值,并用符号  $D$  表示这一数值。

2.2 区域发展变量

描述区域发展的变量分别是区域自身所具有的“持久能力”和区域决策者的“前视能力”。

所谓区域发展所具有的持久能力,是指在区域水资源不可持续发展之前区域在空间网络中可以坚持的时间长度。这种持久能力十分重要,它与区域的经济水平、区域决策者的能力、气候状况等因素有关。在讨论区域水资源可持续发展的空间决策问题时,我们规定持久能力为区域决策者在区域水资源不可持续发展之前为寻找解决办案所能够移动的格数,并用符号  $H$  表示。

向前看的能力也称为前视能力或预测能力。区域决策者的前视能力总是有限的,与决策者的专业知识、管理能力、取得成就的强烈愿望、解决问题的智力、独创能力、耐性、经验等自身素质和国家政策有关<sup>[5]</sup>。前视能力的大小与区域可持续发展的概率有密切关系:假如区域决策者从他所在的位置向前只看到一个方格点的地方,那就说明他的决策能力很低,区域可持续发展的概率就很小。如果能提高前视能力,即增加了对周围环境的认识能力,那么他就扩大了搜寻半径而提高了区域水资源可持续发展的能力。我们用符号  $V$  表示

这种能力的测度。由于每一个点上平均具有的道路选择数目为  $D$ , 那么区域决策者在任何一个交叉点上会有一个平均值  $D^V$  的点进入他的视野。同理可知, 假如他的前视能力提高 1 倍, 即他可以看到前面两个格上的点, 那么在他的每一次移动中, 就应当有平均为  $D^2$  个新点进入他的视野和感知范围之内。

以上我们把影响区域可持续发展的所有四个因素都作了简要的说明, 它完全适应于区域可持续发展—区域水环境系统。这四个因素从本质上把水资源的空间行为逻辑地归纳了出来, 并且可使我们从定量的角度去认识水资源的内涵。

2.3 区域水资源可持续发展能力的预测公式推理

假如区域决策者在空间网络中可以连续作  $H$  次移动, 直到他在“区域可持续发展—区域水环境”系统中仍然找不到解决方案而导致区域不可持续发展。我们应当注意, 即使区域决策者做了努力看到了一个解决方案, 他仍然需要做  $V$  次移动才可以实现他的目标。

我们设  $P_{00}$  为这样的一个概率, 即在一次移动之后进入视野的  $DV$  个新点中一个也没有发现区域缺水的解决方案概率, 则有(1)式存在:

$$P_{00} = [(1 - P)^D]^V \tag{1}$$

如果, 区域决策者在做了  $(H - V)$  次移动后, 仍然不能看到并不能实施区域缺水的方案, 也就是区域部可持续发展的概率为  $W$ , 则有(2)式存在:

$$W = P_{00}^{(H - V)} \tag{2}$$

设  $P_0$  为区域决策者解决区域缺水的概率, 即区得到可持续发展的概率, 则有(3)式存在。

$$P_0 = 1 - P_{00} = 1 - [(1 - P)^{(H - V)D}]^V \tag{3}$$

2.4 西蒙理论模式的实例应用

为了从理论上印证并进一步说明该理论, 我们以任意假想区域来对此进行验证:

方案概率  $P$ : 反映了解决区域缺水问题的密度大小。其分子为解决方案数目, 分母为 64, 在本例中设  $P = 12/64 = 0.1875$ 。

决策选择  $D$ : 表明决策者在任何一个随机位置向前进行每一次移动时, 平均具有的可供选择的机会; 由表 1 可知对于全部空间每一个点来说, 平均具有的道路选择数目为  $2.5(160/64)$ , 即  $D = 2.5$

持久能力  $H$ : 反映区域经济的发展实力, 表明了 in 讨论区域水资源的空间决策问题时, 区域决策者在解决区域水资源不可持续发展之前所能移动的格数, 在本例中设  $H = 3.0$ 。

前视能力  $V$ : 反映了区域决策者的战略眼光, 在本例中设  $V = 1.0$ , 即区域决策者只能看到面前一个方格的交叉点。由公式(3):

$$P_0 = 1 - P_{00} = 1 - [(1 - P)^{(H - V)D}]^V \\ = 1 - [(1 - 0.1875)^{2 \times 2.5}]^{1.0} = 65\%$$

2.5 西蒙理论模式的进一步讨论

上例中, 任意调整或变换四个变量中的一个, 而使其它

三个保持不变, 那么对区域水资源的可持续发展将会产生什么样的影响呢?

首先, 如果方案概率增加 1 倍, 即将 12 种解决方案变为 24 种解决方案, 使  $P$  由 0.1875 变为 0.365, 则区域可持续发展的概率为:

$$P_0 = 1 - P_{00} = 1 - [(1 - P)^{(H - V)D}]^V \\ = 1 - [(1 - 0.365)^{2 \times 2.5}]^{1.0} = 0.8968 = 90\%$$

看来, 加大解决方案, 能明显的增加区域可持续发展的机会。

其次, 若将空间中每一点向外发散的 平均道路数目增加 1 倍, 即决策选择  $D$  由原来的 2.5 变为 5.0, 则区域可持续发展的概率为:

$$P_0 = 1 - P_{00} = 1 - [(1 - P)^{(H - V)D}]^V \\ = 1 - [(1 - 0.1875)^{2 \times 2.5}]^{1.0} = 0.8746 = 88\%$$

可以看出, 可供选择的平均道路数目加大 1 倍后, 则区域可持续发展的概率明显的增大了。

第三, 我们改变区域的持久能力。若将其加倍, 即将  $H$  由 3 变为 6, 则区域可持续发展的概率为:

$$P_0 = 1 - P_{00} = 1 - [(1 - P)^{(H - V)D}]^V \\ = 1 - [(1 - 0.1875)^{5 \times 2.5}]^{1.0} = 0.9254 = 93\%$$

结果表明, 持久能力的增强, 可是区域可持续发展的概率大大增加。尽管环境条件不利, 前视能力很低, 但区域可持续发展的概率仍能加强。

最后, 我们将区域决策者的前视能力  $V$  由 1 增加到 2, 则区域可持续发展的概率为:

$$P_0 = 1 - P_{00} = 1 - [(1 - P)^{(H - V)D}]^V \\ = 1 - [(1 - 0.1875)^{2 \times 2.5}]^{2.0} = 0.6459 = 65\%$$

与上述三个变量的变化对区域可持续发展概率的影响比较起来, 前视能力的增强对区域可持续发展概率的影响要小得多。由于持久能力未变, 前视能力的单独增大, 会出现可望而不可及的情况, 因此区域可持续发展的概率不会有明显的增大。

以上是单一变量改变数值时对区域可持续发展概率的影响。如果同时改变描述区域发展变量特征的两个变量, 则对区域可持续发展的概率有更为明显的影响。比如我们将持久能力  $H$  由 3 变为 6, 前视能力  $V$  由 1 变为 2, 则区域可持续发展的概率为:

$$P_0 = 1 - P_{00} = 1 - [(1 - P)^{(H - V)D}]^V \\ = 1 - [(1 - 0.1875)^{4 \times 2.5}]^{2.0} = 0.9843 = 98\%$$

显然, 区域发展变量的综合改变, 比单一的改变更为有效, 所希望得到的结果也会更加理想, 区域可持续发展的概率更为可观。

3 结论及存在问题

影响区域水资源的四个变量任何一个变量的增大, 都会增强区域水资源的可持续发展能力; 若两个以上变量的增大, 区域水资源持续发展能力的增强效果更为明显, 结论完全符合区域水资源的实际开发状况, 因此本理论能够适用于

区域水资源可持续发展能力的预测, 并提供了一个新的思路。但是, 由于研究的深度不够以及作者的水平有限, 许多条件都处于理想和假设状态, 和实际的应用仍相当大的差别, 若要完全适用于区域水资源可持续发展能力的预测, 至少需要做如下深入研究:

- (1) 区域缺水问题的解决方案应根据其影响因素如自然因素、人文因素和社会经济发展状况进行分类, 并根据其难易程度不同, 采用层次分析法或其它方法赋予一定的权重。
- (2) 各解决方案之间具有一定的重叠性, 并且相互影响和促进, 应该寻找其关联度及对解决区域水资源规模效应的放大作用。

参考文献:

[ 1] 彭珂珊. 21 世纪中国水资源危机[ J]. 水利水电科技进展, 2000, 20( 5) : 13- 16.  
[ 2] 张果. 我国水资源可持续发展模式探讨[ J]. 四川师范大学学报, 2002, 25( 2) : 201- 204.  
[ 3] 贾嵘. 等. 区域水资源研究[ J]. 中国农村水利水电, 2000( 12): 22- 25.  
[ 4] 董庆超, 朱连奇. 资源科学导论[ M]. 开封: 河南大学出版社, 1999. 9.  
[ 5] 廖泉文. 人力资源协调理论[ M]. 济南: 山东人民出版社, 2000. 130- 135.

( 上接第 37 页)

得出以下几点结论和启示。

- (1) 水资源管理模式的形成和发展缘自于人类对水资源管理的实践, 水资源管理的实践又进一步完善了水资源管理的理论。因此, 加强对水资源管理模式的研究对于建立有中国特色的水资源管理体系具有十分重要的意义。
- (2) 从供给管理到集成化管理, 说明水资源管理模式的变迁是一个随经济发展变化的演进过程。经济发展中水资源供需状况的改变导致水资源管理模式的变迁, 而水资源管理

(3) 可持续发展的概率量化指标没有明确界定, 在以后的深入研究中, 可选择具有代表性的区域来对此作进一步的研究, 然后给出明确的量化标准。如  $P_0 < 60\%$  为不可持续发展,  $60\% < P_0 < 70\%$  为弱可持续发展,  $71\% < P_0 < 80\%$  为中等可持续发展,  $P_0 > 81\%$  为强可持续发展等。

- (4) 持久能力与区域的经济的发展及抗干扰能力有关, 涉及到经济地理等相关学科研究。
- (5) 决策选择、前视能力与区域决策者的各方面的素质及团队精神有关, 涉及到管理心理学、人力资源学及领导科学的研究领域等。

模式的变迁又为人类开发利用水资源提供了新的发展空间。

- (3) 水资源管理模式变迁的主线是围绕如何提高水资源利用效率和配置效率而进行的。水资源管理模式变迁的轨迹表明, 随着人类对水资源认识的深化, 水资源管理模式也驱向于成熟和完善。
- (4) 集成化管理模式在中国的推行还面临着许多问题, 这就要求我们必须在吸收借鉴世界各国采用此模式的成功经验和教训的基础上, 发展适合中国国情的模式, 来提高水资源的利用效率和配置效率, 实现水资源的可持续利用。

参考文献:

[ 1] 谈国良. 国外水资源需求管理述评[ J]. 人民黄河, 1992, 14( 8) : 46- 48.  
[ 2] 何大伟. 我国大河流域水资源与水环境综合管理模式探讨: 机构、法律、制度[ J]. 科技导报, 2001( 1): 44- 47.  
[ 3] 李代鑫. 等. 澳大利亚的水资源管理及水权交易[ J]. 中国水利, 2001( 6) : 41- 44.  
[ 4] 何承耕. 评资产化管理与资源化管理[ J]. 生态经济, 2002( 6): 38- 41.  
[ 5] 曾思育, 等. 中国水资源管理问题分析与集成化水管理模式的推行[ J]. 水科学进展, 2001, 12( 1): 81- 86.  
[ 6] L Douglas James. Challenges to the Water Research[ DB/ OL]. Water Resources Update Universities Council on Water Resources Issue No. 110: Winter 1998. <http://www.uwin.siu.edu/ucowr/updates/pdf/V110-A3.pdf>.  
[ 7] Govert D Geldof. Policy analysis and complexity-a non-equilibrium approach for integrated Water management[ J]. Water Science and Technology, 1995, 31( 8): 301- 309.  
[ 8] 姜文来, 等. 资源资产论[ M]. 北京: 科学出版社, 2003.